



**Zagadnienia
Filozoficzne
w Nauce**

**Zagadnienia
Filozoficzne
w Nauce**

© Copernicus Center Press, 2013

Redaktor prowadzący: *Piotr Urbańczyk*

Kolegium redakcyjne:

Redaktor Naczelny: *Michał Heller*

Zastępca Redaktora Naczelnego: *Janusz Mączka*

Sekretarz redakcji: *Piotr Urbańczyk*

Kierownicy działów:

Filozofia i historia nauki: *Paweł Polak*

Logika: *Adam Olszewski*

Filozofia matematyki: *Jerzy Dadaczyński*

Nauka i religia: *Teresa Obolevich*

Filozofia biologii: *Wojciech Załuski*

Filozofia fizyki: *Tadeusz Pabjan*

Kognitywistyka: *Bartosz Brożek*

Etyka i nauki społeczne: *Łukasz Kurek*

Dział recenzji: *Mateusz Hohol*

Projekt okładki: *Mariusz Banachowicz*

Adiustacja: *Mirosław Ruszkiewicz*

Projekt typograficzny: *Mirosław Krzyszkowski*

Skład: MELES-DESIGN

ISSN 0867-8286

Nakład: 500 egz.



**Copernicus
Center**
PRESS

Wydawca: Copernicus Center Press Sp. z o.o.

Pl. Szczepański 8, 31-011 Kraków

tel/fax (+48) 12 430 63 00

e-mail: marketing@ccpress.pl

www.ccpress.pl

Druk: Drukarnia SOWA Sp. z o.o

Zagadnienia Filozoficzne w Nauce

LII ■ 2013

WSTĘP

Michał Heller	Spojrzenie w przyszłość	5
---------------	-------------------------	---

ARTYKUŁY

Katarzyna Lewandowska	Aksjomat wyboru w pracach Wacława Sierpińskiego	9
Tadeusz Pabjan	Jedyna tajemnica mechaniki kwantowej	35
Marcin Gorazda	Granice wyjaśnienia naukowego	53
Bartosz Gorzula	Kilka uwag o problemie demarkacji ze stanowiska informatyzacji	107
Tomasz Maziarka	Idea emergencji – zarys ogólny	131
Joanna Luc	Zagadnienie redukcjonizmu w filozofii biologii	179

RECENZJE

Mirosław Twardowski	Czy biologia jest chemią?	203
Mateusz Hohol	O regułach w nowym świetle	223

Spis treści

Łukasz Kwiatek	W jaki sposób w nauce wyjaśnia się umysł	229
Radosław Żyzik	Gdzieś pomiędzy nauką a filozofią	237
Teresa Obolevitch	Nauka w świecie greckim	243

Spojrzenie w przyszłość

Niedawno obchodziliśmy wydanie pięćdziesiątego numeru „Zagadnień Filozoficznych w Nauce” – pięćdziesiąt numerów w ciągu trzydziestu pięciu lat. Początki były skromne. Pierwszych trzynaście numerów miało zgrzebną, „samizdatową” formę; ukazywały się nieregularnie, jako biuletyn pamiętnego konwersatorium, które odbywało się co miesiąc najpierw w rezydencji arcybiskupów krakowskich przy ul. Franciszkańskiej, potem w na poły zrujnowanym klasztorze przy kościele św. Katarzyny. Warto przejrzeć najstarsze numery. Ich powoli zmieniająca się szata graficzna odzwierciedla przemiany, jakie zachodziły w Polsce. Najpierw tekst był składany na elektrycznych maszynach do pisania, które stanowiły wtedy szczyt nowoczesności, następnie już komputerowo (pierwsze dwa komputery sprowadziliśmy z Tajwanu), ale za pomocą nieużywanych już dziś edytorów. Maszynę elektryczną wkrótce zastąpiła drukarka igłowa, produkująca coś bardziej przypominającego czcionki przesiane przez sito niż tekst nadający się do czytania. Potem pojawił się autentyczny druk – dziś robi wrażenie przedhistorycznych czasów, ale wtedy wprawiał nas w euforię. I okładki stawały się coraz bardziej normalne. Najpierw był „nieregularnik”, potem rocznik i wreszcie półrocznik. A teraz nadszedł czas, by stać się kwartalnikiem i przybrać jeszcze bardziej nowoczesną postać.

Ale ważniejsza od zewnętrznej postaci jest treść. Duży sukces tamtego konwersatorium, jego biuletynu i kolejnych numerów „Zagadnień”, stał się możliwy dzięki temu, że udało nam się zagospodarować obszar dotychczas mocno zaniedbany – wzajemne przenikanie się nauki i filozofii. Jak się okazało, te dwie dziedziny mają sobie wiele do powiedzenia i istnieje liczna publiczność gotowa do uczestniczenia w tym dialogu. Tytuł naszego pisma „Zagadnienia Filozoficzne w Nauce” miał, i nadal ma, charakter pewnego rodzaju manifestu. Jego angielska wersja, „Philosophy in Science” (nawiązująca do, ale i uzupełniająca, znane określenie *philosophy of science*), wkrótce stała się wywoławczym hasłem pewnego stylu filozofowania, związanego z „Zagadnieniami” i ośrodkiem krakowskim. Istnieją sygnały, że rozprzestrzenia się on także poza naszym krajem. Specyfika tego stylu polega na tropieniu i analizowaniu problemów filozoficznych uwikłanych w nauki przyrodnicze. Takie teorie naukowe, jak ogólna teoria względności, mechanika kwantowa, teoria ewolucji czy koncepcje powstałe na gruncie nauk kognitywnych, prowadzą do pytań o wyraźnym wydźwięku filozoficznym. Dla zrozumienia, czym jest nauka i skąd bierze się jej sukces, a także jakie są jej powiązania z filozofią, doniosłe znaczenie mają też publikowane na łamach „Zagadnień” prace z historii i metodologii nauk. Pismo, obok artykułów naukowych, zawiera też dział recenzji, który – mamy nadzieję – będzie się rozrastać. Łamy „Zagadnień” są otwarte nie tylko dla krakowskich uczonych, ale także dla autorów z innych, również zagra-

nicznych, ośrodków naukowych. Mamy nadzieję, że nowa postać pisma będzie jeszcze skuteczniej służyć filozofii w nauce.

Pragnę wreszcie zwrócić uwagę na fakt, że wydawanie „Zagadnień” przejmuje teraz na siebie wydawnictwo Copernicus Center Press, nadal pod auspicjami Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych i Ośrodka Badań Interdyscyplinarnych w Krakowie. Dotychczas „Zagadnienia” ukazywały się dzięki współpracy z Wydawnictwem Biblos. Pragnę temu Wydawnictwu i Jego obecnemu dyrektorowi, ks. Jerzemu Zoniowi, a także jego poprzednim dyrektorom, wyrazić podziękowanie za tę długoletnią współpracę. Jesteśmy świadomi tego, że gdyby nie Biblos, „Zagadnienia” już dawno przestałyby istnieć. Ale jest rzeczą naturalną, że z chwilą gdy powstało wydawnictwo Copernicus Center Press, którego profil i cele są zbieżne z założeniami „Zagadnień”, przejmuje ono pieczę nad tym pismem. Przy okazji zwracam uwagę Czytelników na inne publikacje naszego nowego wydawnictwa (zarówno w języku polskim, jak i angielskim; zob. www.ccpres.pl). Ich lektura może być cennym uzupełnieniem tego, co znajdziemy na łamach „Zagadnień”.

Rozpocząłem tych kilka słów od przekartkowania starych numerów „Zagadnień”, ale to był tylko pretekst do spojrzenia w przyszłość, bo przyszłość nadaje sens naszym obecnym poczynaniom.

Michał Heller

Aksjomat wyboru w pracach Wacława Sierpińskiego

Katarzyna Lewandowska

Uniwersytet Papieski Jana Pawła II, Wydział Filozoficzny

The axiom of choice in the papers of Waclaw Sierpiński

Abstract

This paper presents Waclaw Sierpiński – the first advocate of the axiom of choice. We focus on the philosophical and mathematical topics related to the axiom of choice which were considered by Sierpiński. We analyze some of his papers to show how his results effected the debate over Zermelo's axiom. Sierpiński's impact on this discussion is of particular importance since he was the first who tried to explore consequences of the axiom of choice thoroughly and asserted its undoubted significance to mathematics as a whole.

Keywords:

axiom of choice, philosophy of mathematics, set theory, cardinality, mathematical analysis

Pierwszy „advokat” aksjomatu wyboru

W 1904 roku Ernst Zermelo, dowodząc twierdzenia o dobrym uporządkowaniu, sformułował pewnik wyboru¹. Nie ulega wątpliwości, że jest to jeden z najgoręcej dyskutowanych aksjomatów w całej historii matematyki. Rozważany zarówno przez filozofów, jak i matematyków, stał się centralnym zagadnieniem filozofii matematyki XX wieku. Sama tylko debata nad ważnością dowodu Zermela trwała do 1908 roku i rozgrywała się na arenie takich krajów, jak Anglia, Niemcy, Francja, Holandia, Węgry i Stany Zjednoczone. W 1908 roku autor aksjomatu wyboru, chcąc zamknąć dyskusję nad swoim postulatem, jako pierwszy zaksjomatyzował teorię mnogości, umieszczając pośród siedmiu aksjomatów pewnik wyboru. Zabieg Zermela nie przyniósł jednakże oczekiwanych rezultatów i nie tylko nie obronił AC, lecz sprowokował krytykę całej aksjomatyki, szczególnie zaś, obok aksjomatu wyboru, także aksjomatu oddzielania.

Rozpoczął się wtedy kolejny okres debaty wokół pewnika wyboru (do 1918 roku), jednakże dyskusja ta miała odmienny charakter. Zwrócono bowiem uwagę na możliwość zastosowania aksjomatu Zermela w różnych dziedzinach matematy-

¹ Niech $\mathcal{I} \neq \emptyset$ oraz $\{X_j\}_{j \in \mathcal{I}}$ będzie rodziną zbiorów niepustych, wówczas istnieje odwzorowanie $\tau: \mathcal{I} \rightarrow \bigcup_{j \in \mathcal{I}} X_j$ takie, że $\tau(j) \in X_j$ dla każdego $j \in \mathcal{I}$. W niniejszej pracy używamy zamiennie określeń: *aksjomat wyboru*, *postulat wyboru*, *pewnik wyboru*, *pewnik Zermela*, *aksjomat Zermela* oraz skrót *AC*.

ki². Pomimo stopniowego odkrywania niezaprzeczalnej i ważkiej roli AC w całej matematyce, jeszcze w 1918 roku spora część matematyków odnosiła się raczej sceptycznie do pewnika wyboru. W swojej monografii Gregory H. Moore podaje kilka przyczyn takiego stanu rzeczy³. Jedną z nich był według niego brak adwokata dla aksjomatu wyboru: kogoś, kto podjąłby się rzetelnego i systematycznego badania przede wszystkim konsekwencji przyjęcia aksjomatu wyboru oraz podkreślania istotnej roli AC w matematyce. Oczywiście, pierwszym obrońcą był Zermelo, jednakże jego działalność miała odmienny charakter (przede wszystkim podkreślany był absolutny i obiektywny charakter postulatu) i dotyczyła tylko pierwszego okresu debaty wokół pewnika wyboru. Moore podkreśla, że po 1908 roku zasadniczo w ogóle nie pojawiały się publikacje podejmujące temat konsekwencji przyjęcia aksjomatu wyboru w matematyce lub pojawiały się akcydentalnie. Wśród matematyków, którzy mogliby mieć coś istotnego do powiedzenia w powyższej kwestii, wymienia on Georga Hamela, Friedricha Hartogsa i Bertranda Russella. Pierwsi dwaj opublikowali niestety bardzo niewiele prac na temat zastosowań AC w różnych dziedzinach matematyki. Ostatni mógł nawet być idealnym kandydatem na adwokata pewnika Zermela: sam przecież (równolegle

² Należy w tym miejscu podkreślić zasługi takich matematyków jak Michele Cipolla, Friedrich Hartogs, Ernst Steinitz, którzy badali aksjomat wyboru odpowiednio w analizie, teorii liczb kardynalnych i algebrze.

³ G.H. Moore, *Zermelo's Axiom of Choice: Its Origins, Development and Influence*, New York 1982.

do Zermelo) sformułował aksjomatu multiplikatywny równoważny aksjomatowi wyboru. Ponadto Russell intensywnie badał zastosowania aksjomatu wyboru i zdawał sobie sprawę z jego wagi. W swoich rozważaniach pozostał on jednak ambiwalentny w stosunku do AC, zachęcając matematyków do dużej rezerwy względem pewnika wyboru. Zwracał szczególną uwagę na zbyt dużą ogólność postulatu Zermela, która mogła doprowadzić do zatracenia prawdziwego sensu AC.

Sytuacja zmieniła się diametralnie w 1916 roku, gdy na arenę batalii o aksjomat Zermela wkroczył wybitny polski matematyk, Wacław Sierpiński. Jego dociekania nad aksjomatem wyboru rozpoczęły się od lektury wykładów Russella z 1911 roku dotyczących AC. Sierpiński rozszerzył badania brytyjskiego logika o odkrycia wcześniejszych (jeszcze sprzed 1904 roku) nieuświadomionych użycie pewnika Zermela. Na samym początku skupił się on przede wszystkim na samej idei pewnika wyboru oraz zastosowaniach aksjomatu przeliczalnego wyboru⁴ w analizie. Istotna część jego dokonań w kwestii AC została zawarta w pracach z 1916 i 1918 roku⁵ oraz w kolejnych ar-

⁴ Aksjomat przeliczalnego wyboru to osłabiona wersja aksjomatu wyboru. W tym szczególnym przypadku zakładamy, że zbiór indeksów J jest przeliczalny.

⁵ W. Sierpiński, *Sur le rôle de l'axiome de M. Zermelo dans l'analyse moderne*, „Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences” 1916, 63, s. 688–691; W. Sierpiński, *L'axiome de M. Zermelo et son rôle dans la théorie des ensembles et l'analyse*, „Bulletin International de l'Académie des Sciences de Cracovie. Classe des Sciences Mathématiques et Naturelles, Série A” 1918, s. 97–152.

tykułach w „Fundamenta Mathematicae”. Szerokie podsumowanie swoich rozważań dotyczących AC przedstawił Sierpiński w książce *Zarys teorii mnogości*⁶.

Sierpiński zajmował się aksjomatem wyboru przez niemal 30 lat. Idąc za Moore’em, podkreślmy, na czym polegała obrona AC przez polskiego matematyka. Przede wszystkim Sierpiński nie patrzył na aksjomat wyboru tak jak Zermelo. Nie można też nazwać jego działalności aktywną obroną. Poza tym nie traktował pewnika wyboru w kategoriach prawdy czy fałszu. Można powiedzieć, że jego stosunek do aksjomatu Zermela był raczej obojętny. Zdawał sobie sprawę, że wielu matematyków jest przeciwnych przyjmowaniu tego aksjomatu, co więcej, uważał ich stanowisko za w pełni uzasadnione pod warunkiem, że mieli oni świadomość wagi AC w matematyce. W swoich pracach Sierpiński dobitnie podkreślał, jak bardzo aksjomat wyboru jest wpisany nie tylko w teorię mnogości, lecz także w analizę. Zwracał uwagę, że w przypadku wielu twierdzeń pewnik wyboru jest po prostu nieodzowny. Równocześnie badał dokładnie zależności między różnymi wersjami aksjomatu Zermela a poszczególnymi twierdzeniami. Sierpiński uważał, że kluczowa dla matematyków winna być świadomość, w którym miejscu i jak stosujemy AC – czy jest on nieunikniony, czy można go ominąć. Swoim następcom pozostawił zadanie kontynuowania rozpoczętego dzieła – zbadania w podobny sposób całej matematyki.

⁶ W. Sierpiński, *Zarys teorii mnogości*, cz. I, Warszawa 1928.

W niniejszej pracy chcemy włączyć się przede wszystkim w filozoficzno-matematyczne zagadnienia poruszone przez Sierpińskiego, które wydają się rzucać ciekawe światło na aksjomat wyboru. Analizując poszczególne jego prace, zastanowimy się, co wniosły one do debaty wokół aksjomatu Zermela.

Jak rozumieć aksjomat wyboru?

Sierpiński, wprowadzając nas w *Zarysie teorii mnogości* w rozważania wokół aksjomatu wyboru, określa go jako pewnik, który wywołał sporo dyskusji wśród matematyków, a następnie podaje go w następującej postaci:

Dla każdej mnogości⁷ M , której elementami są zbiory Z , niepuste oraz nieposiadające elementów wspólnych, istnieje co najmniej jedna mnogość N , zawierająca po jednym i tylko jednym elemencie z każdego ze zbiorów Z^8 należących do M^9 .

⁷ Zgodnie ze współczesną nomenklaturą, zamiast określenia *mnogość* będziemy używać terminu *klasa*.

⁸ Zbiór N nazywamy zbiorem wybierającym.

⁹ Jest to sformułowanie zaproponowane przez Zermela w 1906 roku i nazywane dziś aksjomatem Zermela. Niemiecki matematyk w 1904 roku podał następującą formę aksjomatu wyboru: Przez \mathbf{M} oznaczmy rodzinę wszystkich niepustych podzbiorów M zbioru M . Z każdym elementem $M' \in \mathbf{M}$ możemy związać pewien element m' , który należy do M' i może być nazwany wyróżnionym elementem M . Uzyskujemy

Polski matematyk zwraca dużą uwagę na fakt, że kluczowym zagadnieniem w rozważaniach wokół pewnika wyboru jest zrozumienie jego istoty. Przeanalizujemy jego sposób patrzenia na sam wybór i na idee aksjomatu. Zgodnie z przepisem Sierpińskiego należy najpierw rozważyć najprostszy przypadek tego aksjomatu. Załóżmy zatem, że M jest jednoelementowy, czyli składa się z jednego zbioru Z . Aksjomat wyboru w tym przypadku orzeka, że o ile Z jest niepusty, to istnieje element należący do tego zbioru. Oczywiście wypowiadając zdanie „zbiór Z jest niepusty”, wiemy, że istnieje jakiś element należący do tego zbioru. Sierpiński zwraca uwagę na samo określenie *istnieje*. Pewnik wyboru nie wybiera, nie wskazuje elementu w dowolnym niepustym zbiorze, orzeka tylko (albo aż) jego istnienie. Właśnie w zagadnieniu istnienia upatruje Sierpiński główne źródło sporu wokół pewnika wyboru. Zatem odwieczny problem, fundamentalne pytanie filozofii matematyki – co znaczy, że jakiś obiekt istnieje? – zostało na nowo postawione właśnie w kontekście rozważań wokół aksjomatu wyboru. W tej filozoficznej kwestii trudno żądać jakichkolwiek rozstrzygnięć. Sierpiński, idąc za Zygmuntem Janiszewskim, rozważa podział na

w ten sposób „pokrycie” rodziny M elementami zbioru M i zbiorów takich pokryć jest niepusty. Innymi słowy, Zermelo postulował istnienie funkcji $\gamma: M \rightarrow M$ takiej, że $\gamma(M') \in M'$ dla dowolnego $M' \in M$. Powyższe zdanie to pierwsze sformułowanie aksjomatu wyboru i tak najczęściej formułuje się go współcześnie, nazywając funkcję γ funkcją wyboru. Z kolei stwierdzenie o istnieniu „pokrycia sam Zermelo nazwał postulatem wyboru. Dla uporządkowania, dziś mówi się raczej o pewniku wyboru i podaje się go w postaci z przypisu 1.

idealistyczny i empirystyczny¹⁰ punkt widzenia w sporze o uniwersalia. Dla idealistów *istnieć to znaczy istnieć*. Nie ma potrzeby precyzowania i tłumaczenia tego pojęcia, gdyż jest ono najprostsze i nieredukowalne. Możemy w tym miejscu dodać, zgodnie z przyjmowanym w matematyce platońskim stanowiskiem, że istnieć to być niesprzecznym. Innymi słowy, warunkiem koniecznym i wystarczającym na to, aby jakiś obiekt matematyczny istniał, jest jego niesprzeczność. Fakt istnienia jest więc niezależny od podmiotu i jego działalności.

Z kolei według realistów (empirystów) istnieje tylko to, co człowiek potrafi zdefiniować. Niesprzeczność przestaje być warunkiem wystarczającym istnienia. Aby w ogóle móc zajmować się jakimkolwiek obiektem (odp. klasą), musimy umieć podać metodę jego konstrukcji (odp. metodę konstrukcji przedmiotów należących do rozważanej klasy). Nie ma więc żadnego sensu zajmować się indywidualami, co do których wiemy,

¹⁰ Terminologia: *empiryczny* i *realistyczny* pochodzi od Zygmunta Janiszewskiego (zob. *O realizmie i idealizmie w matematyce*, „Przegląd Filozoficzny” 1916, t. 19). Z wprowadzonych tutaj określeń wynika, że możemy utożsamiać idealizm z platonizmem (realizmem), a empiryzm (realizm) z konstruktywizmem. Przed Janiszewskim Henri Lebesgue dzielił matematyków na takie właśnie dwie grupy. W obozie idealistów umieścił Lebesgue przede wszystkim Jacques’a Hadamarda, z kolei pośród empirystów wymieniał siebie, Émile’a Borela i René-Louisa Baire’a. Już Lebesgue zwracał uwagę na fakt, że przeprowadzony przez Zermala dowód zasady dobrego uporządkowania zbiorów wznowił spór między idealistami a empirystami (zob. *À propos de quelques travaux mathématiques récents*, „L’Enseignement Mathématique” 1971, 17 (2), s. 1–48).

iż nie da się ich w pełni zdefiniować. Pojęcie istnienia zostaje w pewien sposób zredukowane do pojęcia definicji. Co więcej, istnienie staje się zależne od podmiotu. Obiekty matematyki pozostają niczym więcej jak tylko wynikiem twórczej działalności ludzkiego umysłu. Sama zaś matematyka staje się zbiorem twierdzeń traktujących wyłącznie o przedmiotach, które można każde z osobna zdefiniować. Jeżeli rozważania te odniesiemy do aksjomatu wyboru, mamy dwie zupełnie różne odpowiedzi na pytanie o istnienie zbioru wybierającego N . Idealista odpowie zatem, że zbiór N jest dobrze określony; istnieje, jeśli mamy kryterium należenia do N . Realista zażąda, by dana była efektywna konstrukcja zbioru N .

Dla dalszych rozważań istotne jest, według Sierpińskiego, ustalenie, jak w praktyce matematyka wygląda dowód istnienia jakiegoś zbioru (czyli *de facto* jego niepustości). Najczęściej określa się jakiś obiekt x , o którym następnie udowadnia się, że należy do danego zbioru. Generalnie możemy pokazać istnienie zbioru jako wniosek z przyjętych aksjomatów i znanych wcześniej twierdzeń. Inny sposób dowodzenia to klasyczny dowód nie wprost – czyli przyjmujemy, że dany zbiór jest pusty i doprowadzamy do sprzeczności. Jednakże okazuje się, że przeprowadzone w taki sposób dowody często nie dają możliwości wskazania choćby jednego elementu rozważanego zbioru. Dla empirysty taki dowód nie ma żadnej wartości. Według Sierpińskiego, jeśli jesteśmy w stanie pokazać (wprost lub nie wprost), że określony element należy do pewnego zbioru, spełnia daną własność, to oznacza to, że potrafimy w sposób

efektywny¹¹ udowodnić niepustość tego zbioru. Nie ma już potrzeby dodatkowo definiować jakiegoś elementu.

Mamy więc jasno sprecyzowane, co dla Sierpińskiego oznacza efektywny dowód, co znaczy podać w sposób efektywny przykład jakiegoś obiektu. Miejsmy to na uwadze, prowadząc dalsze rozważania. Jest to założenie, które Sierpiński przyjmuje po analizie codziennej pracy matematyka. W pewien sposób odcina się od prowadzonych niejako z zewnątrz filozoficznych dysput nad dowodzeniem istnienia jakiegoś obiektu. Praktyka matematyczna staje się dla Sierpińskiego podstawowym źródłem rozstrzygnięć metodologicznych. Co więcej, kieruje on swoją uwagę na swego rodzaju sprzężenie zachodzące między wyborem, jaką matematykę uprawiamy (z AC czy bez), a przyjęciem określonej filozofii matematyki. Podkreśla bowiem, że jeśli przyjmuje się aksjomat wyboru, to należy opowiedzieć się za stanowiskiem idealistycznym w sporze o istnienie bytów matematycznych. Sierpiński pisze także, powołując się na Janiszewskiego, że empiryści wcale nie zaprzeczają aksjomatowi Zermela. Skłaniają się raczej ku stwierdzeniu, że dla nich AC po prostu jest całkowicie niezrozumiały, nie posiada ani treści, ani sensu. Sierpiński przyczynę takich niejasności upatruje w „niešťczęśliwym” określeniu *wybór*. Uważa, że przyjmując pewnik wyboru wcale nie orzekamy możliwości wybierania elementu

¹¹ Określenie *efektywny dowód* odnajdujemy w rozważanym tutaj kontekście w licznych pracach Sierpińskiego. Nie podnosimy kwestii, jak dowód efektywny ma się do dowodu konstruktywnego oraz do bardziej współczesnych określeń – *efektywnej obliczalności* itp.

z każdego zbioru z klasy M . Stwierdzamy raczej istnienie pewnej mnogości spełniającej daną własność. Dla Sierpińskiego pewnik wyboru to „pewnik istnienia”¹². Wprowadzenie takiego określenia w kontekście powyższych rozważań jest w pełni uzasadnione. Uświadamia nam ono prawdziwą naturę aksjomatu wyboru i przenosi pytanie o istotę AC na grunt rozstrzygnięć filozoficznych w kwestii istnienia bytów matematycznych.

Na razie rozważyliśmy tylko przypadek, w którym zbiór M jest jednoelementowy. Rozszerzając nasze badania na klasę skończoną, nie napotkamy nowych wątpliwości. Kolejne problemy pojawiają się, jak zauważa Sierpiński, gdy M będzie nieskończony. Przyjmijmy najpierw, że M składa się ze zbiorów:

$$Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, \dots$$

Pewnik Zermela orzeka po prostu, że można podać prawo, według którego każdemu ze zbiorów Z_n lub równoważnie każdej liczbie naturalnej n przyporządkowuje element p_n , należący do zbioru Z_n . Innymi słowy, dla dowolnego ciągu niepustych, rozłącznych zbiorów $(Z_n)_{n \in \mathbb{N}}$ istnieje ciąg elementów $(p_n)_{n \in \mathbb{N}}$, spełniający własność: dla każdej liczby naturalnej n , p_n jest elementem zbioru Z_n . Jednakże odmienną kwestią jest fakt realizacji, czyli efektywnego podania tego ciągu. W tym miejscu zauważamy poczynione przez Sierpińskiego rozróżnienie między zagadnieniem wyboru, czyli faktyczną

¹² W. Sierpiński, *Zarys teorii mnogości*, op. cit., s. 108.

realizacją pewnika wyboru, a tym o co *de facto* pewnik wyboru postuluje – samym tylko istnieniem. Aby unaocznic tę różnicę, rozważmy jeden z przykładów podanych przez Sierpińskiego.

Rozpatrzmy zbiór wszystkich liczb rzeczywistych i podzielmy go na zbiory w następujący sposób: dwie liczby należą do tego samego zbioru, jeśli ich różnica jest wymierna; w przeciwnym przypadku należą do różnych zbiorów. Dostajemy w ten sposób klasę zbiorów rozłącznych i niepustych, przeliczalnych. Dla tej klasy na mocy pewnika wyboru istnieje zbiór, który ma dokładnie jeden element wspólny z każdym ze zbiorów rozważanej klasy. Jednakże nie potrafimy takiego zbioru dokładnie wyznaczyć: nie potrafimy wybrać po jednym elemencie z każdego ze zbiorów. Aksjomat wyboru gwarantuje nam tylko istnienie zbioru spełniającego określoną własność, ale nie zapewnia efektywnej jego definicji – nie gwarantuje przepisu wyboru.

Przy okazji powyższego przykładu, oprócz kwestii wyboru, narzuca się następny problem – co się dzieje, gdy zbiorów w klasie M jest nieprzeliczalnie wiele. Sierpiński nie czyni w tym miejscu żadnych rozstrzygnięć, sygnalizuje jedynie kolejny aspekt do rozważenia i przytacza różne stanowiska odnoszące się do powyższej kwestii. Oddają one podział w kierunkach empirystycznych (konstruktywistycznych): na matematyków, którzy jeśli skłaniają się ku zaakceptowaniu aksjomatu wyboru, to tylko w wersji dla klasy przeliczalnej, oraz na tych, którzy odrzucają każdą postać aksjomatu wyboru (poza przypadkiem skończonym), negując tym samym jakąkolwiek formę nieskoń-

czoności. Jest to zapowiedź późniejszej szerokiej dyskusji wokół ważności aksjomatu zależnego wyboru¹³. W świetle powyższego wydaje się istotne, aby zawsze mieć na uwadze, jaki aksjomat wyboru stosujemy – to znaczy określać po pierwsze moc rozważanej klasy, a po drugie moc zbiorów z tej klasy.

Sierpiński podkreśla, że niezależnie od tego, czy jesteśmy osobiście skłonni przyjąć pewnik Zermelo, czy też nie, niezależnie od tego, ile wątpliwości i problemów (przede wszystkim natury filozoficznej, choć nie tylko) nastęrcza aksjomat wyboru, musimy liczyć się z jego rolą w teorii mnogości i analizie. Dodatkowo, skoro także matematycy kwestionowali ważność aksjomatu Zermela, tym bardziej należy podjąć zagadnienie różniczenia twierdzeń, w których jest on nieodzowny, od tych, w których można go uniknąć.

Rzetelne badanie, nie tylko teorii mnogości, lecz także innych dziedzin matematyki, pod kątem zależności poszczególnych wyników od aksjomatu wyboru było dla Sierpińskiego głównym zadaniem. Zdawał sobie sprawę z kontrowersji, jakie wywołał aksjomat wyboru, i śledził żywą dyskusję, która toczyła

¹³ Aksjomat zależnego wyboru został sformułowany w 1942 roku przez Paula Bernaysa. Podaje się go najczęściej w następującej postaci: Dla dowolnej pary (X, r) , gdzie X jest niepustym zbiorem, a relacja r spełnia warunek: dla dowolnego $x \in X$ istnieje $y \in X$, taki, że xry , wówczas istnieje ciąg $\{x_n\}_{n \in \mathbb{N}} \subset X$ taki, że $x_n r x_{n+1}$. Jest to aksjomat, który ma większą moc dowodową niż aksjomat przeliczalnego wyboru i odgrywa istotną rolę w matematyce. Ponadto w pewien sposób jest on bardziej akceptowalny, przynajmniej przez niektórych matematyków reprezentujących nurt konstruktywistyczny.

się wokół „problematicznego” postulatu. Podkreślał, że oczywiście wolno nam przyjąć aksjomat wyboru, przyjąć jego zaprzeczenie lub po prostu go odrzucić¹⁴, jednakże zawsze należy mieć świadomość trzech następujących, bardzo istotnych faktów:

- 1) wiele szczególnych przypadków aksjomatu wyboru jest prawdziwych;
- 2) z pewnika wyboru wynika wiele wniosków nieprowadzących do sprzeczności w matematyce;
- 3) aksjomat Zermela nie tylko istotnie upraszcza wiele fragmentów teorii mnogości i analizy, ale jest także nieodzownym narzędziem do udowodnienia wielu bardzo ważnych twierdzeń tych nauk¹⁵.

Dlatego też tak istotne jest badanie twierdzeń opierających się na pewniku wyboru i ich dowodów, wychwytyjąc te dowody, które istotnie zależą od aksjomatu Zermela. Następnie należy także zwrócić szczególną uwagę na określenie, jaka postać pewnika wyboru jest konieczna (minimalna), aby uzasadnić rozważane twierdzenie. Po trzecie, według Sierpińskiego, winno się również zbadać, jaka wersja aksjomatu wyboru wynika z da-

¹⁴ Należy mieć świadomość, że przyjęcie zaprzeczenia AC nie jest równoważne z jego odrzuceniem.

¹⁵ W. Sierpiński, *L'axiome de M. Zermelo...*, *op. cit.*, s. 97–98. Oczywiście aksjomat wyboru jest istotny dla uprawiania nie tylko dwóch wymienionych tutaj gałęzi matematyki, ale także między innymi dla topologii, algebry, analizy funkcjonalnej. Ponadto należy pamiętać, że właśnie polscy matematycy mieli duży udział w badaniu roli pewnika Zermela w matematyce, szczególnie w topologii.

nego twierdzenia. Innymi słowy, aby uzyskać pełny obraz roli AC w danym obszarze matematyki, należy przeprowadzić wyżej opisaną procedurę.

Rola aksjomatu wyboru w teorii mnogości, arytmetyce liczb kardynalnych oraz analizie

Zgodnie z opisanym wyżej paradygmatem badań Sierpiński bardzo dokładnie zajął się przede wszystkim analizą i teorią mnogości wraz z arytmetyką liczb kardynalnych. Będziemy chcieli przyjrzeć się jego wynikom i zrozumieć, jak w konkretnych przypadkach pracuje AC. Dokonamy skróconego przeglądu (według poszczególnych dziedzin matematyki) dokonań Sierpińskiego, opierając się w głównej mierze na jego pracach opublikowanych w latach 1920–1950 w „Fundamenta Mathematicae”¹⁶ oraz w innych czasopismach naukowych¹⁷.

¹⁶ W. Sierpiński, *Une démonstration du théorème sur la structure des ensembles de points*, „Fundamenta Mathematicae” 1920, 1, s. 1–6; W. Sierpiński, *Sur un problème de M. Lebesgue*, „Fundamenta Mathematicae” 1920, s. 152–158; W. Sierpiński, *Les exemples effectifs et l’axiome du choix*, „Fundamenta Mathematicae” 1921, 2, s. 112–118; W. Sierpiński, *Sur l’égalité $2m = 2n$ pour les nombres cardinaux*, „Fundamenta Mathematicae” 1922, 3, s. 1–6; W. Sierpiński, *L’hypothèse généralisée du continu et l’axiome du choix*, „Fundamenta Mathematicae” 1947, 34, s. 1–5.

¹⁷ W. Sierpiński, *Sur le rôle de l’axiome de M. Zermelo...*, *op. cit.*; W. Sierpiński, *L’axiome de M. Zermelo...*, *op. cit.*; W. Sierpiński, *Zarys teorii...*, *op. cit.*; W. Sierpiński, *Hypothèse du continu*, „Monografie Matematyczne”, t. 4, Warszawa 1934.

Pierwszy etap rozważań Sierpińskiego to przede wszystkim odróżnienie dowodów, w których aksjomat wyboru został użyty w sposób nieunikniony, od tych, w których jest po prostu uproszczeniem rozumowania i można go ominąć. Pod takim właśnie kątem rozważa i poprawia różne prace, między innymi twórcy teorii mnogości Georga Cantora. Porusza przede wszystkim kwestie analizy, a dokładniej pewnego rodzaju rozkładów przestrzeni euklidesowych n -wymiarowych¹⁸. Powyższe rozważania są szczególnie istotne w kontekście pełnienia przez Sierpińskiego funkcji adwokata aksjomatu wyboru. Rzeczne oddzielenie fragmentów matematyki istotnie zależnych od aksjomatu wyboru od tych, w których AC jest tylko wygodnym, jednakże nie nieodzownym narzędziem, pozwoliło obrońcą aksjomat Zermela przed jednym z elementów jego krytyki – zarzutem nieprzemysłanego i pochopnego powoływania się na pewnik wyboru. Z drugiej strony badania te pozwoliły na odkrycie kolejnych nieświadomych użyciu aksjomatu wyboru przez wielu matematyków, także przez jego późniejszych przeciwników. Dzięki prowadzonym w ten sposób rozważaniom można budować „mapy”, które pokazują, gdzie korzysta się z aksjomatu wyboru (i z jakiej jego postaci), przedstawiając tym samym relacje między różnymi modelami matema-

¹⁸ Sierpiński rozważa w tym miejscu różne wersje twierdzenia Cantora-Bendixsona. Celowo nie przytaczamy dokładnie treści rozważanych prac Sierpińskiego, mają one bowiem czysto matematyczny charakter i ich zrozumienie wymaga zaawansowanej znajomości teorii mnogości i analizy.

tyki, wyznaczanymi właśnie przez przyjęcie określonej formy AC.

W 1916 roku Sierpiński, równoległe z Michele Cipolla, udowadnia, że przyjmowana dotychczas za niezależną od aksjomatu wyboru równoważność między ciągłością i ciągową ciągłością funkcji w punkcie istotnie zależy od AC (a dokładniej: od aksjomatu przeliczalnego wyboru). Istotnym etapem prowadzonych na gruncie analizy badań było wykazanie, że podstawowa własność miary Lebesgue'a – przeliczalna addytywność, wymaga przyjęcia aksjomatu przeliczalnego wyboru. Okazało się zatem, że u podstaw tworzonych przez Lebesgue'a teorii miary leży odrzucony i ostro przez niego krytykowany pewnik wyboru.

Sierpiński w swoich pracach uporządkował także wiele zależności między aksjomatem wyboru a różnymi zagadnieniami teorii mnogości. Zajmował się kwestiami różnych definicji skończoności i ich równoważności ufundowanych na aksjomacie wyboru. Badał twierdzenia dotyczące mocy zbiorów nieskończonych. Udowodnił, że bez odwołania się do aksjomatu wyboru można udowodnić następujący fakt:

Jeśli zbiór A jest niepoliczalny, zbiór B jest przeliczalny oraz $A-B$ ma podzbiór przeliczalny, wówczas zbiór $A-B$ ma taką samą moc jak zbiór A .

Zauważył także, że aksjomat wyboru odgrywa istotną (choć nie zawsze widoczną) rolę w arytmetyce liczb kardynalnych. Sierpiński badał różne własności liczb kardynalnych oraz nierówności między nimi, które okazywały się równoważne trychotomii liczb kardynalnych, a zatem także aksjomatowi wyboru.

Odrębnego omówienia wymaga artykuł pt. *Les exemples effectifs et l'axiome du choix*¹⁹. Poruszymy tutaj kwestie pewnych specyficznych zastosowań AC w teorii mnogości. W pracy tej Sierpiński rozważa sygnalizowane już przez nas wcześniej zagadnienia dowodów istnienia obiektów spełniających określoną własność. Dobitnie podkreśla, że jeśli mamy zdefiniowany pewien jednostkowy obiekt i potrafimy udowodnić, iż posiada on pewną własność P, wówczas mamy efektywny przykład obiektu spełniającego własność P, mamy zatem efektywny dowód niepustości pewnego zbioru. Aby unaocznić różnicę między dowodami efektywnymi i nieefektywnymi, przyjrzymy się kwestii istnienia liczb transcendentnych (przestępnych). Przypomnijmy, że liczby przestępne to liczby rzeczywiste (szerzej: zespolone), które nie są algebraiczne, czyli nie są pierwiastkami żadnego równania wielomianowego jednej zmiennej o współczynnikach wymiernych. Problem niepustości zbioru liczb przestępnych podejmował między innymi Georg Cantor. Przeprowadził on następujący dowód istnienia w przedziale (0,1) liczb transcendentnych.

Niech A oznacza zbiór wszystkich liczb algebraicznych należących do przedziału (0,1). Na mocy zasady wyłączonego środka możemy zapisać alternatywę:

$$\forall_{x \in (0,1)} x \in A \vee \sim (\forall_{x \in (0,1)} x \in A).$$

Korzystając z prawa przeczenia kwantyfikatora ogólnego, otrzymujemy:

¹⁹ W. Sierpiński, *Les exemples effectifs...*, *op. cit.*

$$\forall_{x \in (0,1)} x \in A \vee \exists_{x \in (0,1)} \sim(x \in A).$$

Jeśli przyjmiemy pierwszy człon alternatywy, musimy wówczas orzec, że każda liczba z przedziału $(0,1)$ jest algebraiczna. Pamiętając, że zbiór liczb algebraicznych jest przeliczalny, otrzymujemy, że przedział $(0,1)$ także jest przeliczalny – sprzeczność. Prawdziwy musi być zatem drugi człon alternatywy. W przedziale $(0,1)$ powinny istnieć liczby, które nie są algebraiczne. Mamy klasyczny przykład dowodu niepuistości zbioru liczb przestępnych, który jest niekonstruktywny i nieefektywny. Jeżeli akceptujemy klasyczną logikę, to dowodowi temu nie można nic zarzucić. Staje się on jednakże bezwartościowy dla kogoś, kto chce mieć „namacalny” przykład liczby transcendentalnej – procedurę jej konstrukcji.

Zupełnie inny charakter mają według Sierpińskiego efektywne dowody istnienia liczb przestępnych. Dowody takie przeprowadzili między innymi Charles Hermite (pokazał, że liczba e jest przestępna), Ferdinand Lindemann (wykazał, że liczba π jest przestępna) oraz Joseph Liouville (udowodnił, że wszystkie liczby Liouville’a są przestępne). Dla przykładu przedstawimy skrócony dowód, że liczby Liouville’a nie są algebraiczne.

Przypomnijmy najpierw, że liczbą Liouville’a nazywamy każdą liczbę rzeczywistą x o tej własności, że dla dowolnej liczby naturalnej n istnieją liczby całkowite p i q ($q > 1$) takie, że:

$$0 < \left| x - \frac{p}{q} \right| < \frac{1}{q^n}.$$

Niech x będzie zatem pewną liczbą Liouville'a. Najpierw pokażemy, że x jest niewymierna. Dla dowodu nie wprost założmy, że istnieje liczba całkowita a oraz liczba naturalna b , dla których $x = \frac{a}{b}$. Ustalmy $n \in \mathbb{N}$ takie, że $2^{n-1} > b$. Wówczas na mocy definicji liczby Liouville'a istnieją liczby całkowite p i q ($q > 1$) takie, że $\frac{p}{q} \neq \frac{a}{b}$

$$\left| x - \frac{p}{q} \right| = \left| \frac{a}{b} - \frac{p}{q} \right| = \left| \frac{aq}{bq} - \frac{pb}{bq} \right| \geq \frac{1}{bq} > \frac{1}{2^{n-1}q} \geq \frac{1}{q^n}$$

sprzeczność. Do właściwego dowodu przestępności liczby x potrzebujemy pewnej własności algebraicznych liczb niewymiernych, którą przyjmujemy bez dowodu:

Dla dowolnej niewymiernej liczby algebraicznej y stopnia n istnieje taka stała $A > 0$, że dla dowolnych $a, b \in \mathbb{Z}$, $b > 0$ prawdziwa jest nierówność $\left| y - \frac{a}{b} \right| > \frac{A}{b^n}$.

Założmy teraz dla właściwego dowodu nie wprost, że x jest niewymierną liczbą algebraiczną stopnia n . Na mocy podanej wyżej własności istnieje stała A taka, że dla dowolnych liczb całkowitych p i q , $q > 1$ mamy

$$\left| x - \frac{p}{q} \right| > \frac{A}{q^n}$$

Dla wskazanej stałej A możemy dobrać liczbę naturalną m taką, że

$$\frac{1}{2^m} < A.$$

Ponadto na mocy definicji liczby Liouville’a dla liczby naturalnej $n + m$ istnieją liczby całkowite p i q , $q > 1$, dla których

$$0 < \left| x - \frac{p}{q} \right| < \frac{1}{q^{n+m}}.$$

Łącząc wprowadzone nierówności, otrzymujemy:

$$0 < \left| x - \frac{p}{q} \right| < \frac{1}{q^{n+m}} \leq \frac{1}{2^m q^n} < \frac{A}{q^n} < \left| x - \frac{p}{q} \right|$$

sprzeczność.

Wykazaliśmy zatem, że każda liczba Liouville’a jest liczbą transcendentálną. Podobnie nie wprost, choć już nie za pomocą elementarnych metod, dowodzi się, że zarówno liczba e , jak i liczba π są przestępne. Za każdym razem mamy do czynienia z wykazaniem, że pewien konkretny, dobrze określony obiekt spełnia daną własność – w tym wypadku bycia liczbą transcendentálną. Nie ma potrzeby podawania dodatkowo procedury konstrukcji liczb przestępnych; wiemy, że takie istnieją i potrafimy dokładnie wskazać ich przykłady.

Okazuje się, że w wielu przypadkach używa się aksjomatu wyboru właśnie w takich efektywnych dowodach istnienia pewnych obiektów. Sierpiński podkreśla, że postępujemy w nich według następującego schematu:

- 1) definiujemy pewien konkretny obiekt, konstruujemy go (bez odwołania się do aksjomatu wyboru) lub rozważamy znany obiekt;
- 2) następnie dowodzimy o tym obiekcie, powołując się na aksjomat wyboru, że posiada on pożądaną własność.

Zajmiemy się teraz jednym z licznych przykładów efektywnych dowodów opierających się na aksjomacie wyboru. Rozważmy w tym celu za Sierpińskim wszystkie zbiory dobrze uporządkowane, których elementami są liczby rzeczywiste. Dzielimy je na klasy w następujący sposób: dwa zbiory A (z relacją dobrego porządku r) i B (z relacją s) należą do tej samej klasy wtedy i tylko wtedy, gdy są podobne, tzn. istnieje bijekcja taka, że dla dowolnych $x, y \in A$:

$$x r y \rightarrow f(x) s f(y).$$

Niech E oznacza zbiór wszystkich wydzielonych w ten sposób klas. Zauważamy, że na tak powstałym zbiorze można określić relację dobrego porządku. Pada pytanie, jakiej mocy jest dobrze uporządkowany zbiór E . Okazuje się (bez odwołania do aksjomatu wyboru), że zbiór E na pewno nie jest mocy mniejszej bądź równej niż kontinuum. Skonstruowaliśmy zatem zbiór dobrze uporządkowany o mocy nie mniejszej i nie równej kontinuum. Jeśli powołamy się na aksjomat wyboru (a dokładniej: na twierdzenie równoważne – trychotomię liczb kardynalnych), otrzymujemy istnienie (z podaną metodą konstrukcji) zbioru dobrze uporządkowanego o mocy większej niż kontinuum. Podobnie można skonstruować bez odwoływania się do aksjomatu wyboru zbiór dobrze uporządkowany, którego moc nie jest mniejsza niż kontinuum i zarazem nie jest większa niż kontinuum. Aby orzec, że jest to zbiór dokładnie mocy kontinuum, musimy identyczne jak w poprzednim przypadku użyć prawa trychotomii liczb kardynalnych.

Sierpiński zainteresował się także aksjomatem wyboru w kontekście hipotezy kontinuum. W 1947 roku udowodnił, że uogólniona hipoteza kontinuum implikuje pewnik wyboru. Warto nadmienić, iż problem kontinuum, podobnie jak AC, przez wiele lat pozostawał przedmiotem jego gruntownych dociekań.

Znaczenie dokonań Sierpińskiego

Szerokie badania filozoficzne i matematyczne prowadzone wokół aksjomatu wyboru przez Waława Sierpińskiego miały istotny wpływ na dzieje AC. Przede wszystkim zostały usystematyzowane kwestie filozoficzne i metodologiczne, jakie nieuchronnie trzeba podjąć, zajmując się aksjomatem wyboru. Dogłębnie zbadano istotę pewnika wyboru i jego treść. Można także powiedzieć, że dopiero Sierpiński wyznaczył właściwy kierunek i odpowiednią metodę badań matematycznych nad aksjomatem Zermela. Rozpoczął systematyczne, rzetelne badania, wolne od jakichkolwiek przemilczanych przedzałożeń. Konsekwentnie realizował swój program przez prawie 20 lat na gruncie teorii mnogości i analizy. Pozostawił także wyzwanie do końcażenia rozpoczętego dzieła następnym pokoleniom. Jego pracę kontynuowała duża grupa polskich matematyków z Alfredem Tarskim na czele. Zaowocowało to pokazną liczbą artykułów opublikowanych między innymi w czasopiśmie, którego współzałożycielem był także Waław Sierpiński – „Fundamenta Mathematicae”. Nie tylko to pismo, lecz także prowadzone

przez Sierpińskiego badania były rozszerzeniem i realizacją programu Zygmunta Janiszewskiego rozwoju matematyki w Polsce po I wojnie światowej.

Sierpiński podkreślał również, że pewnik Zermela ma wartość heurystyczną – dzięki niemu odkrywamy prawdy, twierdzenia, konstruujemy ciekawe obiekty, które później powinniśmy próbować udowodnić, unikając aksjomatu wyboru. Mówiąc o jakimkolwiek twierdzeniu, którego dowód w sposób nieunikniony opiera się na AC, zawsze powinniśmy mieć świadomość, że *de facto* orzekamy, iż o ile prawdziwy jest aksjomat wyboru, o tyle zachodzi dane twierdzenie.

Zapoczątkowane przez Sierpińskiego i kontynuowane przez polskich matematyków badania nad aksjomatem wyboru pozwoliły na odkrycie nowych technik w matematyce, które stały się użytecznym narzędziem w rozwiązywaniu różnych problemów matematycznych, logicznych i metamatematycznych. Wpłynęły istotnie na dzieje pewnika Zermela i dzieje całej dwudziestowiecznej matematyki.

Bibliografia

- J. Dadaczyński, *Filozofia matematyki Immanuela Kanta i jej dziedzictwo*, „Zagadnienia Filozoficzne w Nauce” 1999, XXIV, s. 26–42.
- Z. Janiszewski, *O realizmie i idealizmie w matematyce*, „Przegląd filozoficzny” 1916, 19, s. 161–170.

- H. Lebesgue, *A propos de quelques travaux mathématiques récents*, „Enseignement Mathematik”, (2) 17, s. 1–48.
- G.H. Moore, *Zermelo's axiom of choice, its origins, influence and development*, Nowy York 1982.
- W. Sierpiński, *Sur le rôle de l'axiome de M Zermelo dans l'analyse moderne*, „Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences” 1916, 63, s. 688–691.
- W. Sierpiński, *L'axiome de M Zermelo et son rôle dans la théorie des ensembles et l'analyse*, „Bulletin de l'Académie des Sciences de Cracovie, Classe des Sciences Mathématiques et naturelles” 1918, Série A, s. 97–152.
- W. Sierpiński, *Une démonstration du théorème sur la structure des ensembles de point*, „Fundamenta Mathematicae” 1920, 1, s. 1–6.
- W. Sierpiński, *Sur un problème de M Lebesgue*, „Fundamenta Mathematicae” 1920, s. 152–158.
- W. Sierpiński, *Les exemples effectifs et l'axiome du choix*, „Fundamenta Mathematicae” 1921, 2, s. 112–118.
- W. Sierpiński, *Sur l'égalité $2m=2n$ pour les nombres cardinaux*, „Fundamenta Mathematicae” 1922, 3, s. 1–6.
- W. Sierpiński, *Zarys teorii mnogości*, część I, Warszawa 1928.
- W. Sierpiński, *Hypothèse du continu*, „Monografie Matematyczne”, tom 4, Warszawa 1934.
- W. Sierpiński, *L'hypothèse généralisée du continu et l'axiome du choix*, „Fundamenta Mathematicae” 1947, 34, s. 1–5.

Jedyna tajemnica mechaniki kwantowej

Tadeusz Pabjan

Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych, Kraków

Uniwersytet Papieski Jana Pawła II

The only mystery of quantum mechanics

Abstract

The double slit experiment is a relatively simple physical test that can be useful for demonstrating the corpuscular-wave dualism of light and matter, which is the supreme mystery of the whole quantum physics. A particular riddle here is especially the mechanism responsible for the formation of an interference pattern in a situation when single quantum objects pass through the experimental setup. In the article the main idea of the experiment is discussed and two possible explanations of its results are briefly shortly presented: the view of the Copenhagen school and the de Broglie-Bohm's pilot wave theory.

Keywords:

philosophy of physics, philosophy of quantum mechanics, double-slit experiment, quantum mechanical phenomena.

W roku 2002 czytelnicy wydawanego przez Institute of Physics czasopisma „Physics World” zostali poproszeni o wytypowanie doświadczenia, któremu zostanie przyznane zaszczytne miano „najpiękniejszego eksperymentu fizyki”¹. Zadanie fizykom pytania dotyczącego piękna zapewne jeszcze nie tak dawno potraktowano by jako daleko posuniętą niestosowność, podczas gdy obecnie nikt nie ma już większych wątpliwości co do tego, że kategoria piękna również w fizyce może odgrywać rolę istotnego kryterium, które pozwala poprawnie ocenić spójność i użyteczność danego rozwiązania czy koncepcji, a niekiedy nawet – odróżnić rozwiązania i koncepcje poprawne od błędnych. Piękno przestaje być w tym przypadku jedynie wyznacznikiem kanonów estetycznych i staje się autentycznym i istotnym elementem samej metody naukowej. Przymiotnik „najpiękniejszy” obecny we wspomnianym pytaniu spełnia również rolę stopnia wyższego od przymiotnika „najważniejszy”: eksperyment „najpiękniejszy” w całej historii fizyki powinien być eksperymentem „w najwyższym stopniu najważniejszym” – to znaczy takim, który nie tylko jest kamieniem milowym w badaniach nad określonym zagadnieniem z zakresu fizyki, ale który z pewnych względów przewyższa swoją rangą inne, analogiczne doświadczenia z tej dziedziny. Jakie to mogą być względy? Wyniki takiego eksperymentu mogą na przykład prowadzić w konsekwencji do radykalnych zmian obrazu świata, który powstaje

¹ R.P. Crease, *The Most Beautiful Experiment*, „Physics World”, September 2002, s. 19–20.

w znacznej mierze z informacji uzyskiwanych właśnie za pośrednictwem teorii fizycznych. Z racji metodologicznych odróżnia się zazwyczaj „naukowy” i „filozoficzny” obraz świata. Wiele wskazuje na to, że wytyczenie wyraźnej granicy pomiędzy tymi obrazami jest tylko czysto teoretycznym postulatem, w praktyce bardzo trudnym, a może nawet całkowicie niemożliwym do zrealizowania, ale zakładając – przynajmniej na potrzeby dyskusji – że taki podział faktycznie istnieje, należy domniemywać, że wyniki „najpiękniejszego” eksperymentu będą mieć doniosłe konsekwencje dla obydwu tych obrazów.

1. Doświadczenie z podwójną szczeliną

W wyniku głosowania czytelników „Physics World” tytuł najpiękniejszego eksperymentu fizyki przyznano doświadczeniu z zakresu mechaniki kwantowej przedstawiającemu interferencję pojedynczych elektronów na podwójnej szczelinie, które w laboratorium zostało przeprowadzone po raz pierwszy w roku 1961 przez Clausa Jönssona² i które stanowi udoskonaloną wersję eksperymentu Thomasa Younga z początku XIX wieku, demonstrującego falową naturę światła³. Okazało

² C. Jönsson, *Elektroneninterferenzen an mehreren künstlich hergestellten Feinspalten*, „Zeitschrift für Physik” 1961, 161, s. 454–474; w przekładzie na język angielski: *Electron Diffraction at Multiple Slits*, „American Journal of Physics” 1974, 42, s. 4–11.

³ T. Young, *On the Theory of Light and Colours*, „Philosophical Transactions of the Royal Society of London” 1802, 92, s. 12–48; T. Young, *Experiments and Calculations Relative to Physical Optics*,

się, że interferujące elektrony zdeklasowały wszystkie wielkie doświadczenia znane z historii fizyki – m.in. te, dzięki którym znani są współcześnie Eratostenes, Galileusz, Newton, Michelson i Morley, Rutherford, Schrödinger i wielu innych sławnych uczonych. Dlaczego stosunkowo proste doświadczenie, polegające na przepuszczaniu pojedynczych elektronów przez przegrodę z podwójną szczeliną, fizycy uznali za eksperyment „najpiękniejszy”? Trafną i zarazem przekonującą odpowiedź na to pytanie można znaleźć u Richarda Feynmana, który w swoich *Wykładach z fizyki*⁴ zauważa, że w doświadczeniu tym jak w soczewce skupiają się i ujawniają wszystkie niezwykle i paradoksalne cechy mechaniki kwantowej; pozwala ono bowiem zaobserwować fenomen, który jest „absolutnie niemożliwy do wyjaśnienia na sposób klasyczny”. W fenomenie tym przejawia się sam rdzeń, sama istota mechaniki kwantowej. W rzeczywistości – pisze Feynman – zjawisko to „zawiera w sobie *jedyną* tajemnicę” tej teorii. Co istotne, tajemnicy tej nie można się pozbyć w żaden prosty sposób; w szczególności zaś nie usuwają jej próby „wyjaśnienia” wyniku eksperymentu proponowane przez przedstawicieli zarówno standardowej interpretacji teorii kwantowej, jak i jej interpretacji alternatywnych.

Czytelnicy tego artykułu zapewne dobrze znają wspomnianą powyżej wypowiedź Feynmana, ponieważ jest ona czę-

„Philosophical Transactions of the Royal Society of London” 1804, 94, s. 1–16.

⁴ R.P. Feynman, R.B. Leighton, M. Sands, *The Feynman Lectures on Physics*, vol. 3, Addison-Wesley, Reading MA 1963.

sto przywoływana w różnego rodzaju opracowaniach dotyczących interpretacyjnych problemów mechaniki kwantowej. Za Feynmanem rozpoczyna się w nich dyskusję nad najtrudniejszymi zagadnieniami tej teorii od zaprezentowania prostego eksperymentu, który pozwala od razu przejść do sedna sprawy i – pomijając wiele szczegółów „technicznych” – w stosunkowo łatwy sposób ukazać najważniejsze problemy tej matematycznie i konceptualnie zaawansowanej teorii fizycznej. Autor niniejszego opracowania odwołuje się w tym miejscu do argumentu Feynmana nie dlatego, że ma zamiar rozpoczynać wykład mechaniki kwantowej, ale ponieważ chce uniknąć ewentualnego zarzutu dotyczącego niepotrzebnego epatowania tajemnicą, w sytuacji gdy mowa o tak „prostym” doświadczeniu. Jeśli fizyk tej klasy co Feynman – którego z całą pewnością można uznać za autorytet w kwestiach dotyczących mechaniki kwantowej – określa wynik eksperymentu z podwójną szczeliną mianem „jedyniej tajemnicy” tej teorii, to należy założyć, że wypowiedź ta nie jest jedynie dobrze brzmiącym, lecz niewiele znaczącym hasłem, ale stwierdzeniem, za którym kryje się problem o fundamentalnym znaczeniu dla poprawnej interpretacji fizyki kwantowej.

Na czym polega tajemnica, o której wspomina Feynman? Eksperyment z podwójną szczeliną ujawnia przede wszystkim – oprócz wszystkich innych niezwykłych własności świata kwantowego – dualną naturę „światła i materii”⁵. Występujący

⁵ R.P. Feynman, *QED: The Strange Theory of Light and Matter*, Princeton University Press, Princeton 1988.

w poprzednim zdaniu cudzysłów obejmuje dwa stosowane często w żargonie fizyków pojęcia, które co prawda są intuicyjnie oczywiste, ale przy bliższej analizie okazują się wyjątkowo mało precyzyjne. Słabość ta charakteryzuje zwłaszcza drugie z wymienionych pojęć: „materia” jest terminem ze słownika filozoficznego i nie ma swojej definicji operacyjnej (nie ma jednostek, w których można byłoby „mierzyć” materię), a interpretacyjne problemy z tym pojęciem ujawniają się natychmiast, gdy zastąpi się je najbliższym jej określeniem, które ma sens operacyjny, to znaczy terminem „masa” (lub równoważną masie „energiją”), i gdy próbuje się przy pomocy tego podstawienia zbudować zwrot „dualizm korpuskularno-falowy masy (energii)”. Niejednoznaczność tego określenia jest duża, a poprawność logiczna wątpliwa. Aby uniknąć konieczności przeprowadzania drobiazgowych analiz semantycznych i zarazem ustrzec się zarzutu nieścisłości terminologicznej, lepiej w tym przypadku mówić o dualizmie korpuskularno-falowym „obiektów kwantowych”. Zarówno fotony, będące kwantami światła, jak i elektrony (a także protony, neutrony, atomy, a nawet całe molekuly) reprezentujące „materię”, podpadają bowiem pod kategorię „obiektów”, które stosując się do praw obowiązujących w świecie kwantowym, wykazują dualną – to znaczy korpuskularno-falową – naturę. W pierwszym przypadku (własności korpuskularne) przejawia się ona dobrze określoną lokalizacją danego obiektu i możliwością ustalenia jego pędu, w drugim (własności falowe) – zdolnością do ulegania dyfrakcji i interferencji. Istotne jest tu zwłaszcza drugie z tych zjawisk ze względu

na stosunkowo łatwy sposób jego zaobserwowania: na skutek nakładania się fal o stałej różnicy faz pojawia się charakterystyczny obraz interferencyjny, stanowiący niepodważalny dowód na to, że w danym eksperymencie ujawnia się falowa natura badanych obiektów.

2. Cząstki czy fale?

Układ doświadczalny konieczny do przeprowadzenia eksperymentu z podwójną szczeliną jest na tyle prosty⁶, że czytelnikom tego artykułu nie trzeba go szczegółowo opisywać; najważniejsze jego elementy to działło elektronowe, przegroda z podwójną szczeliną i detektor odgrywający rolę ekranu, który umożliwia obserwację przybywających ze źródła cząstek. Każdy z elektronów po spotkaniu z detektorem zostaje zarejestrowany jako dobrze zlokalizowany jasny punkt świetlny. Pojawiający się na ekranie detektora obraz interferencyjny, zbudowany z punktów świetlnych pozostawionych przez poszczególne elektrony, stanowi najlepszą ilustracją tego, czym w swej istocie jest dualizm korpuskularno-falowy: obiekty kwantowe – w tym

⁶ F.P. Miller, A.F. Vandome, J. McBrewster, *Double-Slit Experiment*, Alphascript Publishing 2009; O. Donati, G.F. Missiroli, G. Pozzi, *An Experiment on Electron Interference*, „American Journal of Physics” 1973, 41, s. 639–644; O. Nairz, M. Arndt, A. Zeilinger, *Quantum Interference Experiments with Large Molecules*, „American Journal of Physics” 2003, 71, s. 319–325.

przypadku elektrony – poruszają się jak fale (o tym świadczy niezbicie obecność wzoru interferencyjnego), ale rozpoczynają swoją podróż i kończą ją jako cząstki (za tym przemawia to, że każdy z elektronów opuszcza źródło jako dyskretna korpuskuła i uderza w określone miejsce na ekranie, dając pojedynczą plamkę świetlną). Sprzeczność z intuicją makroskopową jest bezpośrednia – w świecie obiektów znanych z fizyki klasycznej tak pojęty dualizm nie zachodzi – ale to jeszcze nie ona stanowi „jedyną tajemnicę” mechaniki kwantowej. Tajemnica ta ujawnia się dopiero wtedy, gdy działo elektronowe zostanie zmuszone do wysyłania w kierunku podwójnej szczeliny pojedynczych elektronów, które stopniowo, jeden po drugim, docierają do ekranu, tworząc na nim obraz interferencyjny⁷. W przypadku dużej ilości cząstek, które jednocześnie przechodzą przez zestaw eksperymentalny i docierają do detektora, powstawanie wzoru interferencyjnego można zawsze tłumaczyć wzajemnym oddziaływaniem poszczególnych cząstek lub związanych z tymi cząstkami fal de Broglie’a. Jeśli jednak elektrony przebiegają przez aparaturę pojedynczo, jeden za drugim, i jeśli na ekranie detektora wzór interferencyjny wyłania się stopniowo, w miarę przybywania plamek świetlnych odpowiadających poszczególnym elektronom, to takie wyjaśnienie przestaje wystarczać.

⁷ A. Tonomura, J. Endo, T. Matsuda, T. Kawasaki, *Demonstration of Single-electron Buildup of an Interference Pattern*, „American Journal of Physics” 1989, 57, s. 117–120.

„Jedyna tajemnica” mechaniki kwantowej nie daje się łatwo ubrać w słowa i zamknąć w jednoznacznych i w miarę precyzyjnych sformułowaniach – tym bardziej że chodzi w tym przypadku o nadanie interpretacji zjawiskom kwantowym, do których zdroworozsądkowe kategorie języka naturalnego (a właśnie takiego języka używa się do tego celu) stosują się w bardzo ograniczonym zakresie. Stąd też w następnych zdaniach znajdują się określenia ujęte w cudzysłowie lub poprzedzane zwrotami „jakby” lub „w pewnym sensie”. Zabieg ten ma za zadanie wykluczenie literalnego sensu zdań sformułowanych w języku naturalnym, ale zarazem umożliwienie takiego opisu dziwnego zachowania obiektów kwantowych, który przynajmniej w pewnym zakresie będzie zrozumiały i pozwoli czytelnikowi lub słuchaczowi jeśli nie zrozumieć, to przynajmniej w pewien sposób wyobrazić sobie zjawisko, o którym mowa. W następnym akapicie zostanie krótko wspomniane stanowisko szkoły kopenhaskiej, zgodnie z którym tego typu „zrozumienie” w ogóle nie jest możliwe, a jakiegokolwiek próby „wyobrażania sobie” tego, co dzieje się z obiektami kwantowymi (przed momentem pomiaru), są pozbawione większego sensu; zakładając jednak – przynajmniej na potrzeby niniejszej dyskusji – że nawet nieudolne „próby zrozumienia” tego fenomenu mają pewną wartość poznawczą, należy zauważyć co następuje:

Powstanie wzoru interferencyjnego w sytuacji, w której przez układ doświadczalny przebiegają pojedyncze obiekty kwantowe (odpowiednie doświadczenia przeprowadzono z wykorzystaniem elektronów, fotonów, neutronów, protonów,

a nawet całych atomów i wieloatomowych molekuł⁸), świadczy o tym, że każdy tego typu obiekt w pewnym sensie przechodzi jednocześnie przez obydwa otwory i interferuje sam ze sobą. Jako że obraz interferencyjny powstaje stopniowo – cząstki uderzają w ekran detektora jedna po drugiej – należy również uznać, iż obiekty kwantowe „znają” zarówno przeszłość, jak i przyszłość układu doświadczalnego, w którym się znajdują: każda z nich, rozpoczynając swoją podróż w stronę detektora, musi „wiedzieć”, w które miejsce ekranu uderzyły cząstki biegnące wcześniej, i w które miejsce uderzą cząstki biegnące później – tak, by każda cząstka mogła w odpowiednim miejscu ekranu wnieść swój własny wkład do obrazu interferencyjnego. Jakiegokolwiek próby „podglądnięcia”, którą szczeliną przedostaje się obiekt – polegające np. na ustawieniu detektorów przed przegrodą – niszczą wzór interferencyjny. Wzór ten nie pojawia się również wtedy, gdy detektor ustawiony jest pomiędzy przegrodą i ekranem (tzw. eksperyment z opóźnionym wyborem). Obiekty kwantowe najwyraźniej „wiedzą”, że są obserwowane, a nawet – że zostaną zaobserwowane w przyszłości: skoro w eksperymentach z opóźnionym wyborem nie pojawia się obraz interfe-

⁸ O. Nairz, M. Arndt, A. Zeilinger, *Quantum Interference...*, *op. cit.*; I. Estermann, O. Stern, *Beugung von Molekularstrahlen*, „Zeitschrift für Physik” 1930, 61, s. 95–125; R. Colella, A.W. Overhauser, S.A. Werner, *Observation of Gravitationally Induced Quantum Interference*, „Physical Review Letters” 1975, 34, s. 1472–1474; C. Moskovitz, *Largest Molecules Yet Behave Like Waves in Quantum Double-Slit Experiment*, „LiveScience”, 25 III 2012, <http://www.livescience.com/19268-quantum-double-slit-experiment-largest-molecules.html>.

rencyjny, to znaczy, że obiekty te już przed „podjęciem decyzji” dotyczącej wyboru jednej z dwu szczelin muszą „wiedzieć”, że iż za przegrodą czeka na nie detektor, którego zadaniem jest poinformowanie eksperymentatora o „wyborze” dokonany przez cząstkę.

Czy wynik eksperymentu z podwójną szczeliną faktycznie zasługuje na nobilitujące miano tajemnicy? Zapewne tak. O tym, że wyjaśnienie zachowania obiektów kwantowych rzeczywiście jest kłopotliwą zagadką, może świadczyć chociażby nieproporcjonalnie wielka liczba wyrażen ujętych w cudzysłowie, która pojawia się w każdym opracowaniu dotyczącym tego doświadczenia (wyrażen takich nie zabrakło również w powyższym akapicie). Uciekanie się do przenośni i porównań, przy jednoczesnej niemożności precyzyjnego sformułowania wniosków dotyczących interpretacji tego zagadnienia, jest wyrazem pewnej bezradności każdego, kto próbuje przedstawić wynik tego eksperymentu w zrozumiały dla słuchaczy lub czytelników sposób. Bezradność ta bierze się w znacznej mierze stąd, że opisywana rzeczywistość układu kwantowego w najwyższym stopniu nie przystaje do zdroworozsądkowych kategorii świata makroskopowego, opartych na logice dwuwartościowej.

3. Próby wyjaśnienia dualizmu

Chociaż „jedyną tajemnicą” mechaniki kwantowej nie można się pozbyć w żaden łatwy sposób, to jednak próby wyjaśnienia doświadczenia z podwójną szczeliną były podejmowane na długo przed rokiem 1961 – to znaczy wtedy, gdy doświadczenie to nie zostało jeszcze przeprowadzone w laboratorium, ale miało status eksperymentu myślowego. Skrótowy charakter tego niżej opisanego opracowania decyduje o tym, że spośród wielu tego typu prób w tym miejscu zostaną wspomniane tylko dwie: interpretacja szkoły kopenhaskiej i teoria fali pilotującej de Broglie’a-Bohma.

Jednym ze stosunkowo najprostszych sposobów uniknięcia dyskutowanych trudności jest przyjęcie stanowiska szkoły kopenhaskiej, zgodnie z którym należy w ogóle zrezygnować z zadawania pytań dotyczących zachowania obiektów kwantowych w czasie trwania eksperymentu (pomiędzy źródłem i detektorem), ponieważ niczego sensownego na ten temat po prostu nie można powiedzieć. Standardowa interpretacja mechaniki kwantowej wyklucza sytuację, w której daje się precyzyjnie ustalić trajektorię cząstki, a zatem pytanie o to, którą (którą szczeliną) biegła cząstka, jest pytaniem niepoprawnie zadaniem. Sensownie można mówić jedynie o wynikach obserwacji, a nie o tym, co dzieje się z obiektem kwantowym przed momentem pomiaru. Czołowy przedstawiciel szkoły kopenhaskiej, Werner Heisenberg, wyrażał tę intuicję następująco: „Przejsie od »tego co możliwe« do »tego co rzeczywiste« dokonuje się pod-

czas aktu obserwacji. Jeśli chcemy opisać przebieg zdarzenia w świecie atomów, musimy zdać sobie sprawę z tego, że słowo »zachodzi« może dotyczyć tylko aktu obserwacji, nie zaś sytuacji między dwiema obserwacjami⁹. Jak widać, rozwiązanie to w rzeczywistości nie dostarcza żadnego wyjaśnienia dyskutowanego problemu; zawiera jedynie – *nota bene* mało przekonujący – argument za tym, że wyjaśnienia w ogóle nie należy poszukiwać. Pod adresem tego typu filozofii, która nie przypisuje żadnej „fizycznej rzeczywistości” obiektom kwantowym przed momentem pomiaru, swoje krytyczne uwagi od dawna wypowiadało bardzo wielu autorów; dla porządku warto w tym miejscu przywołać wymowną opinię jednego z nich – Rogera Penrose’a – który pisze na ten temat: „Uważam, że w mechanice kwantowej zagadnienie »rzeczywistości« musi zostać podjęte – szczególnie w sytuacji, gdy wielu fizyków raczej uważa, iż formalizm kwantowy znajduje uniwersalne zastosowanie w całej fizyce – albowiem gdyby nie istniała rzeczywistość kwantowa, wówczas w ogóle nie można by mówić o rzeczywistości na jakimkolwiek poziomie. Według mnie negowanie rzeczywistości w taki sposób pozbawione byłoby sensu”¹⁰.

Wydaje się, że spośród wielu alternatywnych – względem stanowiska szkoły kopenhaskiej – prób wyjaśnienia wyniku

⁹ W. Heisenberg, *Physics and Philosophy. The Revolution in Modern Science*, Penguin Books, London 2000.

¹⁰ R. Penrose, *Droga do rzeczywistości. Wyczerpujący przewodnik po prawach rządzących Wszechświatem*, przeł. J. Przystawa, Prószyński i S-ka, Warszawa 2006.

eksperymentu z podwójną szczeliną na szczególną uwagę zasługuje rozwiązanie zaproponowane pierwotnie przed Louisa de Broglie'a, a następnie rozwinięte przez Davida Bohma¹¹. Rozwiązanie to stanowi jedną z teorii ukrytych parametrów, i jest powszechnie znane pod nazwą teorii fali pilotującej. Nie odmawia ono fizycznej realności obiektom kwantowym i pozwala przy opisie diskutowanego doświadczenia do minimum zredukować wyrażenia ujęte w cudzysłowie – co oznacza, że „jedyna tajemnica” mechaniki kwantowej zyskuje w tym przypadku naturalną, a może nawet zdroworoządkową interpretację. Z godnie z koncepcją de Broglie'a-Bohma z każdym obiektem kwantowym jest związana fala pilotująca, która stanowi pole fizyczne będące hybrydą klasycznego pola potencjalnego i tzw. potencjału kwantowego. Stowarzyszona z cząstką fala zawsze przechodzi przez obydwie szczeliny przesłony (jak to jest w naturze fali), natomiast cząstka zawsze przechodzi przez tylko jedną szczelinę (jak to jest w naturze cząstki). Podstawowe zadanie potencjału kwantowego polega w tym przypadku na „pilotowaniu” cząstki do tych miejsc ekranu, w których prawdopodobieństwo określone przez kwadrat modułu funkcji falowej jest duże, i utrzymywania z daleka od tych miejsc, w których $|\psi|^2$ jest małe. Spełnianie tej funkcji jest możliwe dlatego, że potencjał kwantowy cząstki zależy od całościowej (holistycznej) struktury układu, to znaczy zawiera informacje o otwartych

¹¹ D. Bohm, *A Suggested Interpretation of the Quantum Theory in Terms of 'Hidden' Variables*, „Physical Review” 1952, 85, s. 166–193.

szczelinach, obecnych w układzie detektorach, itp. To właśnie dzięki temu każda pojedyncza cząstka wnosi swój własny wkład do wzoru interferencyjnego na ekranie detektora. Co istotne, każda cząstka podąża w stronę ekranu precyzyjnie określoną trajektorią, którą można wyliczyć, a wszystkie trajektorie układają się za otworami przesłony w taki sposób, że w zespole statystycznym powstaje wzór interferencyjny¹².

4. Zamiast podsumowania

Czy teoria fali pilotującej de Broglie’a-Bohma faktycznie dostarcza satysfakcjonującego wyjaśnienia „jedynej tajemnicy” mechaniki kwantowej? Żeby się o tym przekonać, należałoby zapewne przeprowadzić ankietę podobną do tej, która została wspomniana na początku tego artykułu, ale wiele wskazuje na to, że sceptycyzm wobec teorii ukrytych parametrów, w której na dodatek występują oddziaływania nielocalne, zdecydowałby o tym, iż niewielu fizyków przychyliłoby się do twierdzącej odpowiedzi na to pytanie. John S. Bell – gorący zwolennik tej interpretacji mechaniki kwantowej – zauważa jednakże z przekąsem, że brak zainteresowania świata naukowego teorią de Broglie’a-Bohma jest tajemnicą równie wielką jak wynik doświadczenia z podwójną szczeliną: „Ta idea

¹² C. Philippidis, C. Dewdney, B.J. Hiley, *Quantum Interference and the Quantum Potential*, „Nuovo Cimento” 1979, 52B, s. 15–28.

wyduje mi się mi tak naturalna i prosta, i w tak jasny zwyczajny sposób wydaje się rozwiązywać dylemat korpuskularno-falowy, że jest dla mnie ogromną tajemnicą to, że została ona tak powszechnie zignorowana”¹³.

Dobrym zwyczajem jest spoglądanie okiem chłodnego sceptyka na dyskusje dotyczące interpretacyjnych problemów współczesnej nauki, w których pojawia się słowo „tajemnica”. Pojęcie to nosi wszelkie znamiona „wtrętu metafizycznego”, który nie powinien się pojawiać w nauce, a w szczególności w fizyce. To, że pojawia się ono w samym sercu mechaniki kwantowej, będącej jedną z dwóch fundamentalnych teorii fizycznych, zakrawa na ironię. Motywem przewodnim tego opracowania była wypowiedź Richarda Feynmana i warto na zakończenie przywołać jeszcze jeden argument tego autora zawierający istotną rację, dla której warto było dokładnie przeanalizować doświadczenie z podwójną szczeliną: „Rozważamy tylko ten jeden eksperyment, który został zaprojektowany w taki sposób, aby zawrzeć w sobie całą tajemnicę mechaniki kwantowej (...). Każdą inną trudność tej teorii można zawsze wyjaśnić, mówiąc »Pamiętacie przypadek eksperymentu z podwójną szczeliną? Tu chodzi dokładnie o to samo«.”¹⁴.

¹³ J.S. Bell, *Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics. Collected Papers on Quantum Philosophy*, Cambridge University Press, Cambridge 2004.

¹⁴ R. Feynman, *The Character of Physical Law*, The MIT Press, Cambridge–London 1985.

Bibliografia

- J.S. Bell, *Speakable and Unspeakable in Quantum Mechanics. Collected Papers on Quantum Philosophy*, Cambridge University Press, Cambridge 2004.
- D. Bohm, *A suggested interpretation of the quantum theory in terms of 'hidden' variables*, „Physical Review” 1952, 85, s. 166–193.
- R. Colella, A. W. Overhauser, S. A. Werner, *Observation of Gravitationally Induced Quantum Interference*, „Physical Review Letters” 1975, 34, s. 1472–1474.
- R.P. Crease, *The most beautiful experiment*, „Physics World”, September 2002, s. 19–20.
- O. Donati, G. F. Missiroli, G. Pozzi, *An Experiment on Electron Interference*, „American Journal of Physics” 1973, 41, s. 639–644.
- I. Estermann, O. Stern, *Beugung von Molekularstrahlen*, „Zeitschrift für Physik” 1930, 61, s. 95–125.
- R.P. Feynman, *The Character of Physical Law*, The M.I.T. Press, Cambridge – London 1985.
- R.P. Feynman, R.B. Leighton, M. Sands, *The Feynman Lectures on Physics*, vol. 3, Addison-Wesley, Reading MA 1963.
- R.P. Feynman, *QED: The Strange Theory of Light and Matter*, Princeton University Press, Princeton 1988.
- W. Heisenberg, *Physics and Philosophy. The Revolution in Modern Science*, Penguin Books, London 2000.

- C. Jönsson, *Elektroneninterferenzen an mehreren künstlich hergestellten Feinspalten*, „Zeitschrift für Physik” 1961, 161, s. 454–474; w przekładzie na j. angielski: *Electron Diffraction at Multiple Slits*, „American Journal of Physics” 1974, 42, s. 4–11.
- F.P. Miller, A.F. Vandome, J. McBrewster, *Double-Slit Experiment*, Alphascript Publishing 2009.
- C. Moskowicz, *Largest Molecules Yet Behave Like Waves in Quantum Double-Slit Experiment*, „LiveScience”, <http://www.livescience.com/19268-quantum-double-slit-experiment-largest-molecules.html>, (dostęp: 25.03.2012).
- O. Nairz, M. Arndt, A. Zeilinger, *Quantum interference experiments with large molecules*, „American Journal of Physics” 2003, 71, s. 319–325.
- R. Penrose, *Droga do rzeczywistości. Wyczerpujący przewodnik po prawach rządzących Wszechświatem*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2006.
- C. Philippidis, C. Dewdney, B.J. Hiley, *Quantum interference and the quantum potential*, „Nuovo Cimento” 1979, 52B, s. 15–28.
- A. Tonomura, J. Endo, T. Matsuda, T. Kawasaki, *Demonstration of single-electron buildup of an interference pattern*, „American Journal of Physics” 1989, 57, s. 117–120.
- T. Young, *Experiments and calculations relative to physical optics*, „Philosophical Transactions of the Royal Society of London” 1804, 94, s. 1–16.
- T. Young, *On the theory of light and colours*, „Philosophical Transactions of the Royal Society of London” 1802, 92, s. 12–48.

Granice wyjaśnienia naukowego

Część II

Marcin Gorazda

Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych, Kraków

Limits of scientific explanation (II)

Abstract

The second part of the text is intended to deal with the anti-naturalistic argument of F.A. Hayek. To present it comprehensively, however, his theory of mind has to be outlined first.

According to Hayek, the way in which we perceive the world is entirely grounded in the biological construction of our neural order and thus, from this perspective, he seems to be a naturalist. He excludes any non-natural properties of our cognition like e.g. transcendental free will. However, a closer look at the functioning of our biological apparatus of perception divulges certain inherent and internal restrictions. First of all, we notice that the neural order (biological construction of neurons) is in fact a very complex apparatus of classification and discrimination of sensory impulses. Impulses may come from reality which is outer to the neural order

as well as from the inside. The apparatus of classification and discrimination of sensory impulses is not stable, but permanently dynamic. An unstoppable attack of sensations and relevant responses of the system creates new classification rules (neural connections) and demolishes those which have been inactive for a longer time. A system of those rules, existing in a particular time unit, forms a model of reality which imperfectly corresponds to the existing, transcendent reality.

The final argument for anti-naturalism which is elucidated in the text is Hayek's idea of what is explanation and where lie its limits. This idea can be reduced to the following quotation: "*...any apparatus of classification must possess a structure of a higher degree of complexity that is possessed by an object which it classifies.*" In other words: if our cognitive system is an "apparatus of classification", and if an explanation means modeling, and if a complete explanation requires the explanation of the apparatus itself, then a complete explanation is not possible at all, as the apparatus, which has a certain level of complexity, cannot upgrade this level in order to explain itself. Hayek's reasoning is generally approved yet it is emphasized, however, that it rests on very strong assumptions which are identified and named at the end of the text.

Keywords:

philosophy of science, scientific explanation, model theory, philosophy of mind, F. A. von Hayek.

Hayeka teoria umysłu w zarysie

Friedrich August von Hayek jest znany głównie jako ekonomista, laureat Nagrody Nobla za prace poświęcone cyklo-
m gospodarczym i filozof polityki, piewca liberalizmu politycznego
oraz zdecydowany oponent socjalizmu i wszelkich form scentra-
lizowanej gospodarki. Mniej znane są jego prace z zakresu meto-
dologii nauk i teorii umysłu, które z kolei on sam uważał za jedne
z ważniejszych w swoim dorobku naukowym. Na tle omawia-
nych powyżej koncepcji teoriopoznawczych Hayek wyróżnia się
w sposób istotny. Po pierwsze dlatego, że nie jest on powszech-
nie traktowany jako filozof zajmujący się poznaniem i metodolo-
gią nauk. W akademickich podręcznikach obejmujących te dzie-
dziny na ogół nie znajdziemy o nim żadnej wzmianki. Po drugie,
jego główna praca dotycząca teorii poznania oraz kwestii wyja-
śniania zjawisk i ograniczeń z tym związanych jest, zgodnie z de-
klaracjami autora, pracą z dziedziny teoretycznej psychologii¹.
Implikacje filozoficzne przedstawionej teorii są potraktowane
marginalnie w jednym z ostatnich rozdziałów. Kiedy ekonomi-
sta zaczyna wchodzić na obszary tradycyjnie okupowane przez
psychologów i filozofów, to w konsekwencji pozostaje najczę-
ściej niezauważony, choćby jego dzieło niosło z sobą ogromny
potencjał. Takie są niewątpliwie skutki specjalizacji w naukach
współczesnych.

¹ Por. F.A. von Hayek, *The Sensory Order. An Inquiry into the Founda-
tion of Theoretical Psychology*, The University of Chicago Press,
Chicago 1992.

Wypada w tym miejscu uczynić pewne istotne założenie metodologiczne. Wśród niektórych filozofów zajmujących się teorią poznania daje się zauważyć pogląd, w myśl którego istnieje istotna różnica pomiędzy naukami zajmującymi się poznaniem od strony fizjologii człowieka (biologia i anatomia) lub jego psychiki (psychologia) a refleksją filozoficzną². Twierdzą oni, że poznanie ujmowane jest przez filozofię i wskazane powyżej nauki z innych punktów widzenia. Psychologia i biologia redukują badane zagadnienia do tych obszarów, które poddają się empirycznemu badaniu w schemacie przyczynowo-skutkowym (czyli w zasadzie do fizjologii), podczas gdy filozofia poznania zadaje sobie pytanie, czym poznanie właściwie jest, czyli pyta o jego istotę. Stanowisko to jest w niniejszym tekście traktowane jako błędne. W takim postawieniu problemu przejawia się silnie arystotelesowski esencjalizm, tak bardzo krytykowany przez Karla Poppera. Próba wprowadzenia podziału na nauki empiryczne i nauki zajmujące się „istotą” badanego problemu prowadzi najczęściej na manowce wiedzy. Wyraża się to z jednej strony poprzez projektowanie i prowadzenie empirycznych badań, których teoretyczna podbudowa jest wysoce wątpliwa i w efekcie nie bardzo wiadomo, do czego owe badania służą i jak interpretować ich wyniki; z drugiej zaś strony poprzez nieuprawnione spekulacje teoretyczne (filozoficzne), których sprzeczność z empirycznymi ustaleniami bywa rażąca.

² Por. R. Rożdżeński, *Filozofia poznania. Zarys problematyki*, Wydawnictwo Naukowe PAT, Kraków 2003, s. 12–13.

Ignorancja jest grzechem w obu przypadkach. Zauważył to Michał Heller, krytykując heglowską filozofię przyrody:

Czytając romantycznych filozofów przyrody, trudno oprzeć się wrażeniu, że szukali oni recepty na łatwą wiedzę. Uprawianie nauk przyrodniczych wymaga wieloletnich studiów i żmudnego treningu przygotowawczego; „wczuwanie się” w przyrodę daje złudzenie wiedzy natychmiastowej i (subiektywnie) pewnej. Należy sądzić, że to właśnie jest racją, dla której romantyczni filozofowie przyrody ciągle znajdują wielu naśladowców³.

Powyższe uwagi mają, moim zdaniem, jeszcze większe zastosowanie w obszarze nauk o człowieku. Pokusa „łatwej wiedzy” jest tu szczególnie silna, a tymczasem wiedza ta jest wyjątkowo niełatwa. Jakkolwiek teoretyczne rozważania dotyczącego naszego aparatu poznawczego i sposobu, w jaki świat poznajemy, muszą pozostawać w ścisłym związku z wynikami badań empirycznych.

To właśnie z tego powodu myśl Hayeka wydaje się tak doniosła. Z jednej strony bowiem kreśli on teoretyczny model, w jaki świat poznajemy, przetwarzamy i gromadzimy dostępne o nim informacje, z drugiej wskazuje na empiryczną podbudowę swojej teorii i możliwe przyszłe badania empiryczne, które mogłyby ją uprawdopodobnić lub sfalsyfikować. Czyni to

³ M. Heller, *Filozofia przyrody. Zarys wykładu*, Znak, Kraków 2005, s. 145.

zgodnie z Popperowską metodą falsyfikacjonizmu. Warto przy tym nadmienić, że ten sam autor był zwolennikiem rozluźnienia sztywnego wymogu empirycznej falsyfikacji, przynajmniej w odniesieniu do nauk społecznych. Uważał bowiem, że ich stopień złożoności nie pozwala na trzymanie się wytyczonej przez Poppera metody⁴.

Nie istnieje metafizyka i epistemologia Hayeka *sensu stricto*. Można ją jednak zrekonstruować na podstawie jego twierdzeń:

1. Istnieje rzeczywistość „zewnętrzna” wobec poznającego podmiotu (choć ta „zewnętrzność” będzie zupełnie inaczej rozumiana);
2. Istnieje możliwość rekonstrukcji (poznania) owego zewnętrznego świata na podstawie doznań zmysłowych.

Hayek rozróżnia dwa światy: świat zjawisk (fenomenalny) i świat fizyczny. Podział ten jednak ma niewiele wspólnego z klasycznym rozróżnieniem (obecnym na przykład u Davida Hume’a) na rzeczywistość istniejącą obiektywnie (*reality*) i rzeczywistość taką, jaka nam się jawi poprzez zmysłowe doświadczenia (*appearance*)⁵. Taki podział z góry zakłada, że istnieje jakaś metoda dotarcia do tej pierwszej, niezależnie od ewentualnego negatyw-

⁴ Por. F.A. von Hayek, *The Theory of Complex Phenomena* [w:] *idem, Studies in Philosophy, Politics and Economics*, Routledge & Kegan Paul, London 1967.

⁵ Por. *ibidem*, s. 4.

nego wpływu naszych niedoskonałych zmysłów. Zwolennicy pozazmysłowego poznania będą twierdzić, że zmysły nasze i ich niedoskonałość są źródłem iluzji i zaburzają „prawdziwe” poznanie. Uniezależnienie się od zmysłów zwiększa szansę na adekwatność naszych wyobrażeń o rzeczywistości. Podążając tą ścieżką i, w ślad za Hayekiem, podając przykład dotyczący złudzeń optycznych, należałoby uznać, że „rzeczywistość” poznawana metodami fizyki, pozwalająca na identyfikację np. owego złudzenia optycznego, jest bardziej „rzeczywista” niż ta dostępna zmysłom. Nie o taki podział Hayekowi chodzi. Zdarzenia w świecie fizycznym pozostają względem siebie w określonej relacji, oddziałując na siebie nawzajem, a także oddziałując na nas. To właśnie te drugie oddziaływania tworzą ów świat fenomenalny. Kwestia ta będzie jeszcze przedmiotem dokładnej analizy.

Podmiot nie jest *sensu stricto* zewnętrzny względem świata ani świat nie jest zewnętrzny względem podmiotu. Świat jest kształtowany nie poprzez byty fizyczne istniejące w czasie i przestrzeni, ale raczej przez porządek zdarzeń (procesy). Porządek ów jest co do zasady fizyczny. W obrębie tego porządku fizycznego jest także porządek zmysłowy (podzbiór). Ów porządek zmysłowy kształtuje przedstawienia poznającego podmiotu. Kształtowanie tych przedstawień może jednak nie mieć *stricte* fizycznego charakteru. Taka typologia rzeczywistości trąci nieco filozofią procesu oraz poznawaniem świata od środka, podobnie jak u Alfreda Northa Whiteheada, ale także emergentyzmem przy procesach zmysłowych. Hayek zgodzi się, że doznawane wrażenia zmysłowe nie są w pełni redukowalne do

porządku fizykalnego. Ta kwestia nie jest rozwijana w jego teorii, a i też z punktu widzenia celu jej omawiania nie jest aż tak istotna. Niemniej jest on skłonny uznać, że podział porządku zmysłowego na jego aspekt dynamiczny i statyczny (fizyczny) powoduje, iż teoria jest bliższa koncepcjom dualistycznym niż tym, które redukują działanie aparatu poznawczego wyłącznie do jego aspektu fizycznego. Emergencji własności mentalnych dopatrują się tutaj także niektórzy komentatorzy Hayeka⁶.

Porządek neuronalny jest częścią porządku fizykalnego. Neurony, synapsy oraz zachodzące tamże procesy mają fizykalny charakter. Hayek nie odżegnuje się od dualizmu. Ten ewentualny dualizm ma jednak inne, niekartezjańskie znaczenie. Będzie o tym mowa poniżej przy okazji omawiania tzw. mapy i modelu występujących w porządku zmysłowym, które z kolei pełnią kluczowe znaczenie w zrozumieniu, czym w istocie jest tzw. wyjaśnianie. Aby unaocznić wprowadzony przez siebie podział na porządek fizykalny i fenomenalny, Hayek posługuje się przykładem przytoczonym przez Johna Locke'a w *Rozważaniach dotyczących rozumu ludzkiego*⁷. Locke rysuje przed czytelnikiem obraz głuchego obserwatora, który widzi człowieka grającego na skrzypcach. Pozornie dla osoby nieposługującej się zmysłem słuchu obraz ten nie przedstawia żadnego znacze-

⁶ G.R. Steele, *Hayek's Sensory Order*, „Theory and Psychology” 2002, June, 12 (3), s. 38–409.

⁷ J. Locke, *An Essay Concerning Human Understanding*, Thomas Tegg, London 1841; oraz J. Locke, *Rozważania dotyczące rozumu ludzkiego*, przeł. B.J. Gawecki, PWN, Warszawa 1955.

nia. Wnikliwy obserwator (naukowiec) może jednak odkryć cały szereg zjawisk fizycznych towarzyszących grze na skrzypcach: ruchy rąk, drgania strun, drgania powietrza itp., i powiązać obserwowane zdarzenia w powtarzalne relacje. W ten sposób pozyskałby niemal kompletną wiedzę na temat fenomenu muzyki. Według Locke'a jednak nigdy nie dotarłby do absolutnej prawdy o muzyce i jej znaczenia dla słyszących. Zdaniem Hayeka powyższy przykład znakomicie ilustruje różnicę pomiędzy światem fizycznym a fenomenalnym z zastrzeżeniem dotyczącym owej „absolutnej” prawdy o muzyce. Odbieranie jej przez zmysł słuchu nie daje dostępu do jakiejś lepszej, bardziej adekwatnej, a zwłaszcza „absolutnej” prawdy. W istocie tylko rozszerza przedmiot badania poza zjawisko muzyki, na jej sposób oddziaływania na ludzi.

Porządek zmysłowy jest narzędziem klasyfikacji bodźców. Na niektóre bodźce/oddziaływania fizyczne reaguje, a na niektóre nie. Reaguje na te, na które jest wrażliwy. Wrażliwość na określone bodźce jest zarówno cechą całego systemu, jak i poszczególnych jego składników. Reakcja pojedynczego neuronu na bodziec w określonych okolicznościach ma charakter zero-jedynkowy, tzn. impuls zostaje przepuszczony albo zatrzymany. Akt percepcji jest zatem aktem klasyfikacji. Klasyfikacja polega na tym, że na poziomie porządku zmysłowego, spośród szeregu bodźców oddziałujących fizycznie na zmysły, reakcja obejmuje tylko wybrane bodźce, na które reagują wybrane/wrażliwe grupy zmysłów. Hayek odrzuca tym samym wszelkie koncepcje, w myśl których istnieje jakaś jakościowa różnica w sposobie

odbierania bodźców, tzn. np. że poszczególne elementy układu nerwowego związanego ze zmysłem wzroku reagują inaczej na kolor czerwony, a inaczej na niebieski. Owo „inaczej” oznacza tu tylko to, że na światło czerwone i niebieskie wrażliwe są inne elementy systemu, co wpływa na selekcję bodźców. Reakcja (klasyfikacja) jest procesem dynamicznym i nigdy nie przebiega w ten sam sposób. Porządek zmysłowy nie jest statycznym aparatem klasyfikacji, który zawsze w określonych warunkach reaguje tak samo. Na sposób klasyfikacji wpływ ma zarówno zestawienie bodźców (w jakim „towarzystwie” występują te, na które aparat jest wrażliwy), siła ich oddziaływania, jak też „aktywność” (pobudzenie) samego aparatu w danym momencie percepcji. Istotne jest zatem nie tylko to, jaki zestaw bodźców w danym momencie oddziałuje na zmysłowy porządek, ale także (a może przede wszystkim) to, jaki zestaw oddziałował uprzednio, historycznie.

Sposób klasyfikacji nie jest stabilny. Pierwotnie jest określony przez genotyp jednostki i jej ewolucyjny dorobek. W toku jej indywidualnego rozwoju podlega on jednak modyfikacji, adekwatnie do jej osobniczych doświadczeń i mechanizmu zwrotnego, wyłapującego niespójności aparatu i dostosowującego go odpowiednio w celu jej wyeliminowania.

Rozwijając swoją teorię, Hayek wyróżnia trzy rodzaje porządków. Dwa z nich mieszczą się w porządku fizycznym i obejmują:

1. Porządek fizyczny świata zewnętrznego albo inaczej mówiąc – porządek fizycznych bodźców.

2. Porządek neuronalny obejmujący zarówno system komórek nerwowych i ich zakończeń, jak i system impulsów przepływających przez te komórki i zakończenia.

3. Trzeci, wyróżniony już uprzednio, obejmuje porządek zmysłowy lub inaczej fenomenalny, w ramach którego mieszczą się wszystkie „jakości zmysłowe” dostępne nam bezpośrednio, choć wiedza na ich temat jest raczej „wiedzą jak” niż „wiedzą że”⁸. Poznawalność bowiem zasad funkcjonowania tego porządku jest dla nas mocno ograniczona.

Powyższe porządki pozostają względem siebie w określonych relacjach. O ile jednak relacja pomiędzy porządkiem neuronalnym a zmysłowym jest izomorficzna, o tyle te dwie ostatnie nie są izomorficzne względem porządku fizykalnego. Brak tego izomorfizmu był wykazywany przez szkołę *Gestalt*, na którą Hayek wielokrotnie się powołuje. Przedstawiciele tej szkoły psychologicznej (Wolfgang Köhler, Kurt Koffka) w szeregu eksperymentów wykazywali, że nie istnieje jedno-jednoznaczna funkcja, która przyporządkowywałaby indywi-

⁸ Hayek nawiązuje tutaj do podziału wprowadzonego przez Gilberta Ryle’a. Według niego nasza wiedza ma dwojaki charakter. Może to być wiedza o jakichś faktach (*knowledge that*) oraz wiedza kompetencyjna, sprowadzająca się do określonych umiejętności (*knowledge how*) (por. G. Ryle, *The Concept of Mind*, Penguin, Harmondsworth 1963, s. 28). Podobne rozróżnienie wprowadził wcześniej Bertrand Russell na wiedzę bezpośrednią i wiedzę przez opis (por. B. Russell, *Problemy filozofii*, przeł. W. Sady, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003, s. 53).

dualnemu impulsowi elementarne doświadczenie zmysłowe (*constancy hypothesis*). Szkoła ta występowała zarówno przeciwko prostemu asocjacionizmowi w wydaniu Pawłowa, jak i przeciw wczesnym koneksjonistom amerykańskim⁹. Brak tego jednoznacznego przyporządkowania i izomorficznej relacji oznacza także, że nie istnieje coś takiego jak „niezmienny rdzeń czystego doświadczenia zmysłowego” (*invariable core of pure sensation*), który byłby niezależny od dotychczasowych doświadczeń jednostki. Innymi słowy, każde doświadczenie zmysłowe jest doświadczeniem uprzednio zinterpretowanym przez porządek zmysłowy indywidualnej jednostki lub gatunku. Owa „interpretacja” pierwotnie jest ukształtowana przez określony genetyczny projekt aparatu zmysłowego, a wtórnie przez jednostkowe doświadczenie, które dynamicznie, nieustannie modeluje ten aparat, zmieniając sposób klasyfikacji bodźców. Jest to jednocześnie centralna teza teorii:

the sensory (or other mental) qualities are not in some manner originally attached to, or an original attribute of the individual physiological impulses, but that the whole of those qualities is deter-

⁹ Spór pomiędzy teorią połączeń (asocjacionizm i koneksjonizm) a teorią organizowania (szkoła *Gestalt*) opisuje m.in. Włodzimierz Szewczuk (*Psychologia*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1990, s. 562 n.), choć tu sympatie są raczej dalekie od psychologów *Gestalt*. Teorię tę znał zapewne także i Hayek. W wielu miejscach swojego dzieła powołuje się bowiem na twórców i propagatorów *Gestalt* (Köhler i Koffka), a w bibliografii przywołuje m.in. Clarka L. Hulla i Edwarda Thorndike’a.

mined by the system of connexions by which the impulses can be transmitted from neuron to neuron; (...)

we do not have first sensation which are then preserved by memory but it is as a result of physiological memory that the physiological impulses are converted into sensations. **The connexions between the physiological elements are thus the primary phenomenon which creates the mental phenomenon.**

[jakości zmysłowe (lub inne jakości umysłowe) nie są w jakikolwiek sposób połączone z indywidualnym impulsem fizjologicznym ani też nie stanowią jego atrybutu, ale są one jako całość zdeterminowane przez system połączeń, poprzez który impulsy mogą być przekazywane pomiędzy neuronami; (...)]

nie jest tak, że pierwotne doświadczenie zmysłowe jest następnie zachowywane w pamięci, ale odwrotnie – skutkiem fizjologicznej pamięci jest to, że impulsy fizjologiczne są konwertowane w zmysłowe doświadczenie. **Połączenia zatem pomiędzy fizjologicznymi elementami są zjawiskiem pierwotnym, które następnie kreuje zjawiska umysłowe]**¹⁰.

¹⁰ F.A. von Hayek, *The Sensory Order...*, *op. cit.*, s. 53 (tłum. i podkr. własne). Na marginesie warto nadmienić, że kiedy Hayek pisał pierwszą wersję *The Sensory Order*, przedstawiona przez niego teoria nie miała jeszcze silnego wsparcia w badaniach fizjologicznych. Pojawiło się ono wraz z badaniami Donalda Hebb'a, który inspirowany wynikami doświadczeń Pawłowa zaproponował teorię mechanizmu zmian w obrębie synapsy. Tzw. synapsa hebbowska zwiększa swoją efektywność wskutek jednoczesnej aktywności neuronu presynaptycznego i postsynaptycznego (por. J.W. Kalat, *Biologiczne podstawy psychologii*, przeł. M. Binder, A. Jarmocik, M. Kuniecki, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007, s. 408). W kolejnym wydaniu

Modelowanie rzeczywistości

Aparat klasyfikacji przedstawiony powyżej służy osobniczemu przetrwaniu albo, inaczej mówiąc, realizuje pewne biologiczne założenia. Klasyfikacja bodźców musi być zatem w jakimś sensie adekwatna do klasyfikowanej rzeczywistości. Adekwatność wyraża się w tym, że relacje, w jakich pozostają impulsy wewnątrz aparatu klasyfikacyjnego, odpowiadają relacjom, w jakich pozostają do siebie bodźce, które owe impulsy wywołały. Struktura impulsów w aparacie klasyfikacyjnym odpowiada zatem strukturze bodźców, a poprzez nie – strukturze świata zewnętrznego. Tak jak zaznaczyłem jednak wyżej, odpowiedniość ta jest niedoskonała i nieizomorficzna. Do tego zagadnienia jeszcze powrócę. Zaczniemy od tego, jak według Hayeka tworzy się ów obraz świata w umyśle i jaka jest jego struktura. Porządek zmysłowy jest oczywiście w jakiejś części ukształtowany na poziomie genotypu. Hayek nie podejmuje się rozstrzygać sporu między natywiistami i empirystami co do tego, w jakiej części za kształt porządku odpowiedzialne są procesy ontogenetyczne, a w jakiej filogenetyczne. Nieco dalej stwierdzi, że spór ten nie ma większego sensu, gdyż oba te procesy odgrywają rolę, wzajemnie się przenikając. Kluczem jest osobnicze doświadczenie, choć nieco inaczej rozumiane. Klasycznie bowiem pojęcie doświadczenia zakłada już jakiś zmysłowy odbiór

swojej pracy Hayek znał już prace Hebba i główną tezę swojej teorii opatrył stosownym przypisem.

bodźców, co w konsekwencji prowadzi do założenia, że zmysły są odpowiednio „przygotowane” do odbioru tychże bodźców. Tymczasem u Hayeka „doświadczenie” oznacza pewien proces na etapie przedsensorycznym. Poszczególne impulsy docierające do układu centralnego po raz pierwszy nie posiadają jeszcze żadnej określonej lokalizacji w tym układzie, a tym samym żadnego funkcjonalnego znaczenia. Dopiero wielokrotne atakowanie neuronów zestawem regularnych impulsów uwrażliwia je w określony sposób i przyczynia się do tworzenia oraz zagęszczania zestawu coraz bardziej złożonych połączeń neuronowych, umożliwiających coraz doskonalsze klasyfikowanie docierających bodźców. W ten sposób tworzy się pewien system połączeń. Będzie on odzwierciedlał w pewnym stopniu regularności występujące w impulsach zewnętrznych docierających do organizmu¹¹. Tworzona w ten sposób reprezentacja będzie nie tylko niedoskonała, ale czasami także błędna. Są liczne powody tej niedoskonałości. Po pierwsze, same neurony są

¹¹ Z lektury teorii Hayeka zdawałoby się wynikać, że opisywany przez niego system połączeń tworzy się w sensie dosłownym (fizjologicznym). Być może nawet autor tak sobie to wyobrażał. Współczesne badania jednak stawiają nieco inną hipotezę, określaną czasem mianem „darwinizmu neuronalnego”: „w procesie rozwoju układu nerwowego na początku mamy o wiele więcej neuronów i synaps niż na końcu. Synapsy tworzą się w sposób przypadkowy, a następnie proces selekcyjny wybiera jedne z nich, a odrzuca inne. Dzięki temu zostają tylko najlepiej funkcjonujące aksony i połączenia; pozostałe nie zdołają utrzymać aktywnych synaps” (J.W. Kalat, *Biologiczne podstawy...*, *op. cit.*, s. 115). James Kalat powołuje się tu na koncepcję Geralda M. Edelmana.

selektywnie wrażliwe na docierające impulsy. Nie wszystkie zatem bodźce, choćby były niesłychanie regularne, doprowadzą do wytworzenia stosownych połączeń. Po drugie, organizm działa w określonym środowisku, które stanowi tylko wycinek całego świata. W sposób naturalny zatem system wytworzonych połączeń będzie adekwatny do tego środowiska, w którym był kształtowany. Po trzecie, i to chyba jest najważniejsze, środowiskiem najbardziej znacząco wpływającym na formowanie połączeń nerwowych jest środowisko wewnętrzne samego organizmu. Po czwarte, nieunikniony jest wpływ pewnych anatomicznych preferencji w formowaniu jednych połączeń zamiast innych. Po piąte, sygnały docierające do wyższych poziomów systemu nie odzwierciedlają pojedynczych bodźców, ale są pochodną ich grupowania dokonywanego na niższych poziomach, które z pewnością ma wpływ na dalszą ich klasyfikację¹².

W ten sposób organizm poprzez owo specyficznie rozumiane doświadczenie tworzy „mapę” reprodukcją relacje istniejące w częściach świata fizycznego. Mapa ta będzie wykazywała się dwiema dodatkowymi cechami. Jest ona dynamiczna, a zatem podlega nieustannym zmianom w toku osobniczego rozwoju jednostki, oraz jest ona indywidualna, właściwa dla każdej jednostki, choć poszczególne mapy będą musiały być względem siebie podobne, choćby z powodu podobieństwa genotypów i procesów je kształtujących. Na podstawie takiej mapy połączeń impulsy nerwowe krążące w systemie, wzbudzone zarówno

¹² Por. F.A. von Hayek, *The Sensory Order...*, *op. cit.*, s. 108–109.

przez bodźce świata zewnętrznego, jak i stopień pobudzenia wewnętrznego systemu, będą tworzyć w danym momencie model zewnętrznego środowiska, w którym organizm w danej chwili się lokalizuje. Mapa stanowi zatem aspekt statyczny porządku zmysłowego, podczas gdy model świata wytworzony na podstawie tej mapy będzie tworzył jego aspekt dynamiczny. Relacje pomiędzy mapą a modelem Hayek przyrównuje obrazowo do relacji, jaka zachodzi np. pomiędzy złożoną strukturą geometryczną, a systemem współrzędnych, w odniesieniu do których struktura ta może być zdefiniowana, z tą istotną różnicą – nie wolno o niej zapominać – że zarówno system współrzędnych, jak i określona przez niego struktura geometryczna podlegają nieustannym zmianom. To właśnie w tych dwóch aspektach porządku zmysłowego, statycznym i dynamicznym, dostrzega Hayek swój swoisty dualizm. Jego późniejsi zaś interpretatorzy dopatrują się tutaj emergencji własności. Na podstawie „mapy” o statycznym i fizykalnym charakterze superwenują właściwości mentalne, tu zredukowane głównie do odtwarzanego modelu rzeczywistości¹³.

Model w istotnym aspekcie działa tak, jak powinien działać model dynamiczny. Stanowi on bowiem nie tylko reprezentację zewnętrznego środowiska, ale przede wszystkim reprezentację zmian, których należy się spodziewać w tym środowisku w określonym czasie. Aby model zachowywał spójność,

¹³ Por. *ibidem*, s. 178; oraz G.R. Steele, *Hayek's Sensory...*, *op. cit.*, s. 399.

podlega on stałemu testowaniu, czy jego predykcje odpowiadają rzeczywistości.

Zatrzymajmy się na chwilę przy owym modelu. Współczesna teoria modeli rozwinęła się na podstawie rachunku predykatów pierwszego rzędu i co do zasady dotyczy ona zdefiniowanego języka danego rachunku (zbioru formuł). Mówimy zatem, że „modelem dla zbioru formuł X jest taka interpretacja M dla zbioru X , że każda formuła ze zbioru X jest prawdziwa w M ”¹⁴. Przytoczona definicja oczywiście wymaga rozwinięcia i wyjaśnienia, przynajmniej co do dwóch pojęć: interpretacji i prawdy. Mówimy zatem, że interpretacją dla zbioru formuł X jest taka dziedzina D , która spełnia następujące warunki: (i) przyporządkowuje każdemu n -miejscowemu symbolowi predykatu (który występuje w formule) ze zbioru X n -miejscowy predykat w D ; (ii) przyporządkowuje każdemu n -miejscowemu symbolowi operacyjnemu ze zbioru X n -miejscową operację w D ; (iii) przyporządkowuje każdemu symbolowi stałej ze zbioru X element w D ; (iv) przyporządkowuje predykatowi tożsamości ($=$) odpowiedni predykat w D , zdefiniowany w taki sposób, że: $a = b$ jest prawdziwe wtedy i tylko wtedy, gdy a i b są takie same¹⁵. To samo można ująć w sposób bardziej kolokwialny (tym samym mniej ścisły). Interpretacja przekształca zbiór formuł w taki sposób, że każdemu symbolowi funkcji, relacji i stałej odpowiada w zbiorze przekształconym funkcja, relacja i stała. Jeśli prze-

¹⁴ A. Margalis, *First Order Mathematical Logic*, Dover Publication, Inc., New York 1990, s. 145.

¹⁵ Por. *ibidem*.

kształcenie to zachowuje prawdziwość przekształconych formuł, to będziemy mówili, że zbiór przekształcony będzie modelem. Definicję prawdy zaproponował Alfred Tarski i do dziś w teorii modeli jest ona używana.

Czy powyżej zdefiniowany model odpowiada temu modelowi, który – jak pisze Hayek – tworzy się na podstawie mapy połączeń neuronowych i który stanowi formę interpretacji świata? Z pewnością nie, głównie ze względu na jego silnie dynamiczny charakter, ale także z uwagi na to, że model ten w założeniu nie spełnia podstawowego warunku, jakim jest zachowanie prawdziwości przekształconych formuł. Model w rachunku predykatów jest statyczny. Zarówno zbiór X , jak i przyporządkowana mu poprzez *interpretację* dziedzina M są niezmiennie. Niemniej jednak pokusa, aby posługując się przyjętą w metodologii nauk zasadą idealizacji i zasadą *ceteris paribus*, potraktować tworzony model adekwatnie do modelu w rachunku predykatów, jest silna. W konsekwencji do tej szczególnej relacji, jaką byłaby relacja świata zewnętrznego i jego modelu powstałego w porządku zmysłowym, należałoby zastosować cały szereg sformułowanych i udowodnionych twierdzeń z zakresu teorii modeli. Wnioski z ich zastosowania byłyby niezwykle ciekawe.

Wyjaśnianie według Hayeka

Hayek poświęcił zagadnieniu wyjaśniania zaledwie kilka stron swojej monografii dotyczącej teorii umysłu. Nie jest to wynikiem zaniedbania problemu. Przeciwnie, temat wyjaśniania świata i jego granic stanowi kluczową konkluzję tej rozprawy. Znając jednak koncepcję Hayeka, nietrudno na jej podstawie wywieść, czym w istocie jest owo „wyjaśnienie”. Hayek odwoływał się będzie głównie do przedstawionego przez siebie sposobu poznawania świata przez jednostkę, przez odbierane bodźce, ich nieustanną klasyfikację i tworzenie na tej podstawie „mapy” i „modelu”. Należy w tym miejscu uczynić pewne zastrzeżenie. Wszystkie znane w literaturze modele wyjaśniania dotyczą w zasadzie interakcji pomiędzy badaczami, podejmującymi jakiś trud wyjaśniania¹⁶. Mają zatem charakter społeczny. To, co interesowało ich twórców, to wyjaśnianie w kontekście naszej intersubiektywnej komunikacji. Efektem tego procesu ma być jakaś bardziej lub mniej powszechna zgoda, że dany

¹⁶ Obszerne omówienie różnych koncepcji wyjaśnienia naukowego znajdziemy w: A. Grobler, *Metodologia nauk*, Aureus, Kraków 2006. Por. także: C.G. Hempel, P. Oppenheim, *Studies in the Logic of Explanation*, „Philosophy of Science” 1948, April, 15 (2), s. 135–175; W.C. Salmon, *Causality and Explanation*, Oxford University Press, Oxford 1998; W.C. Salmon, *Four Decades of Scientific Explanation*, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh 2006; W.C. Salmon, C.R. Jeffrey, G.J. Greeno, *Statistical Explanation and Statistical Relevance*, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh 1971; M. Strevens, *Scientific Explanation for the Macmillan Encyclopedia of Philosophy*, 2010, <http://www.strevens.org/research/simplexuality/Expln.pdf> (dostęp: 23.11.2010).

problem, pytanie, zagadnienie zostały należycie wyjaśnione. W tym rozumieniu o takim wyjaśnianiu można powiedzieć, że jest naukowe niezależnie od tego, czy dotyczy dziedzin tradycyjnie przypisywanych działalności naukowej. Perspektywa Hayeka jest zgoła odmienna i nieustannie podkreślana w jego pracy. Po pierwsze, aby prowadzić rozważania dotyczące wyjaśniania świata na poziomie międzyjednostkowym, należy zrozumieć mechanizm poznawania tego świata i formowania jakiegoś jego obrazu na poziomie indywidualnym. Po drugie, nie możemy zapominać o właściwej perspektywie poznawczej. Podział na obserwatora i zewnętrzny świat zjawisk fizycznych jest nieadekwatny do rzeczywistości. Ów obserwator w jego teorii jest zredukowany do podstawowego narzędzia poznawczego, jakim jest umysł, czy raczej porządek zmysłowy, ustawiony w pozycji podzbioru porządku fizycznego. Jest to zatem „poznawanie od środka”. Po trzecie, podstawowym przedmiotem naszego wyjaśniania powinien być w pierwszej kolejności sam mechanizm wyjaśniający. Należyte zrozumienie jego działania pozwoli nam przede wszystkim ustalić granicę naszych zdolności poznawczych (czy też raczej zdolności wyjaśniania), o ile takie istnieją.

Ustawienie problemu w tej perspektywie powoduje, że Hayek nie jest w zasadzie zainteresowany innymi koncepcjami wyjaśniania. Nie wiadomo, czy znał pracę Carla Gustava Hempela i Paula Oppenheima. Nie przywołuje jej nigdzie i nigdzie też nie odnosi się do zaproponowanych przez nich modeli. Późniejszych koncepcji (Wesleya C. Salmona, Michaela Scrivena czy

Basa van Fraassena) nie mógł znać z przyczyn chronologicznych. Niemniej wydaje się, że pomiędzy jego modelem a propozycjami nomologicznymi czy erotetycznymi van Fraassena istnieje pewna zbieżność i komplementarność, którą będę starał się poniżej wykazać.

Ogólna definicja wyjaśnienia została przez Hayeka sformułowana w następujący sposób:

explanation consists in the formation in the brain of a 'model' of a complex of events to be explained, a model the parts of which are defined by their position in a more comprehensive structure of relationships which constitutes the semi-permanent framework from which the representations of individual events receive their meanings

[wyjaśnienie sprowadza się do formowania w umyśle 'modelu' złożonych zdarzeń, które mają być przedmiotem wyjaśnienia, modelu, którego części są określone poprzez ich pozycje w rozległej strukturze relacji stanowiących ramę, gdzie przedstawienia indywidualnych zdarzeń uzyskują swoje znaczenie]¹⁷.

Takiej definicji oczywiście daleko do sformalizowanego ujęcia C.G. Hempela, W.C. Salmona czy Adama Grobiera. Wymaga ona zatem rozwinięcia, co też Hayek czyni. Przynajmniej znajdujemy tu odwołanie omawianego powyżej pojęcia modelu. Przypomnijmy, że według Hayeka przedstawiony system klasy-

¹⁷ F.A. von Hayek, *The Sensory Order...*, *op. cit.*, s. 179.

fikacji bodźców, dokonywany na poziomie zmysłowym, prowadzi w efekcie do wytworzenia swoistej „mapy” połączeń w porządku zmysłowym. System tychże połączeń, funkcjonujący dynamicznie i podlegający nieustannym modyfikacjom, prowadzi do wytworzenia i utrzymywania we względnej stabilności modelu, który w pewnym przybliżeniu zachowuje jakąś część relacji zachodzących w modelowanej dziedzinie. Jakkolwiek do zrozumienia istoty koncepcji Hayeka można posłużyć się definicją modelu w rachunku predykatów pierwszego rzędu, to jednak stanowi to tylko pewne przybliżenie. Model ten jest bowiem silnie niedoskonały. Po pierwsze, modeluje on tylko wybrane relacje, a mianowicie te, które charakteryzują się regularnością (powtarzalnością) i odpowiednią siłą oddziaływania, a tym samym są zdolne do wytworzenia i utrzymania określonych połączeń neuronowych. Po drugie, jest on, jak określa to Hayek w powyższej definicji, „semipermanentny”, tj. dynamiczny. W modelu teoretycznym raz ustalone relacje nie mogą podlegać zmianie. Są one jednak nieustannie testowane co do swej spójności. W przypadku stwierdzenia jakichś niekonsystencji, model zachowuje względną gotowość do weryfikacji ustalonych struktur. Po trzecie, model jest w istotnym zakresie „samozwrotny”. Jedną z relacji, którą „interpretuje”¹⁸, jest relacja, w jakiej on sam pozostaje do całego modelowanego zbioru. Klasyczna teoria modeli nie zakłada bowiem, że dziedzina M , na której

¹⁸ Pojęcia „interpretacji” używam tu w rozumieniu teorii modeli, jako pewnej funkcji przekształcającej m.in. relacje zachodzące w modelowanym zbiorze w relacje w modelu.

dokonujemy interpretacji, stanowi podzbiór zbioru formuł X, które owej interpretacji podlegają. Prowadziłoby to zapewne do licznych antynomii. Teoria umysłu Hayeka właśnie taki model rysuje przed nami i analizuje jego implikacje. Hayek nie odnosi się w swojej analizie do teorii modeli, wprowadza jednak rozróżnienie na model mechaniczny i model matematyczny. Jak należy sądzić, ten drugi odpowiada w pewnym przybliżeniu modelowi w rachunku predykatów. Pisze o nim bowiem, że:

In a mathematical “model” the properties of the parts are defined by functions which show the values they will assume in different circumstances, and which are capable of being combined into various system of equations, which constitutes a model.

[W „modelu” matematycznym właściwości poszczególnych elementów są określone poprzez funkcje przyjmujące różne wartości w różnych warunkach, i które to funkcje mogą być zestawiane w rozmaite systemy równań tworzących model]¹⁹.

Model mechaniczny stanowi w istotnym aspekcie jego działania reprodukcję urządzenia rzeczywistego. Model ten czerpie swoje znaczenie z zakładanej wiedzy na temat funkcjonowania poszczególnych jego części, które tym samym należyć naśladową rzeczywisty fenomen. Rzecz nie w tym, aby elementy, z których zbudowany jest model mechaniczny, były wierną ko-

¹⁹ F.A. von Hayek, *The Sensory Order...*, *op. cit.*, s. 180. Tłumaczenie własne.

pią odtwarzanego urządzenia, ale aby można było powiedzieć, że wiedza na temat właściwości tych elementów pozwala nam przyjąć, iż w konstruowanym modelu będą one zachowywać się tak jak w modelowanym obiekcie, przynajmniej w odniesieniu do tego aspektu, który jest dla nas istotny z punktu widzenia modelowania. Innymi słowy, abyśmy mogli z jakimś przybliżeniem posłużyć się koncepcją modelu w odniesieniu do porządku zmysłowego, powinniśmy analogicznie rozumieć zasady funkcjonowania elementów tego modelu, tj. fakt istnienia wyodrębnionych jednostek mentalnych, z których model jest konstruowany, właściwości tych jednostek oraz sposób, w jaki korespondują one z modelowanym zbiorem. To właśnie zarysowana przez niego teoria umysłu stara się wypełnić tę lukę. Wcześniejsze bowiem koncepcje, nawet jeśli zgadzały się, że nasze postrzeganie świata ma charakter modelowy, nie rozwijały tych szczegółów bądź ze względu na brak zainteresowania, bądź niedostrzeżenie problemu, bądź też brak odpowiedniej wiedzy z zakresu neurobiologii.

Rozwijając swoją teorię w kierunku pojęcia „wyjaśnienia”, Hayek rysuje przed czytelnikiem następujący mechanizm klasyfikacji, który ma prowadzić do wytworzenia tak rozumianego modelu. Kluczowym elementem jest pozycja określonego impulsu w systemie połączeń nerwowych, który w połączeniu z innymi impulsami kreuje kolejny impuls zgodnie z określonym porządkiem. Proces formowania modelu można zredukować zatem do procesu łącznej i równocześnie zachodzącej klasyfikacji grup impulsów, z których każdy ma swoje z góry określone

znaczenie. Podstawowym tworzywem dla modelu są zbiory impulsów, które możemy pogrupować w klasy A, B, C itd. Poszczególne impulsy należące do danej klasy możemy oznaczyć jako a, b, c . Jego zaistnienie łącznie z impulsami o i p prowadzi do wytworzenia kolejnego impulsu, np. x . Jeśli jednak impulsami towarzyszącymi będą r i s , to w efekcie wzbudzą one impuls v i z . Każdy z impulsów należący do danej klasy może występować zarówno w roli przesłanki do wzbudzenia innego impulsu, jak i w charakterze konkluzji (impulsu wzbudzonego) na skutek działania impulsów innych klas²⁰. Możemy zatem zapisać następujące formuły: JEŚLI (a, o, p), TO (x), albo: JEŚLI (a, r, s), TO (v, z), ale także: JEŚLI (b, c, q), TO (a, t). W efekcie zatem każde wzbudzenie impulsów prowadzi do jakiegoś rezultatu. Rezultatem tym jest łączne wzbudzenie impulsów różnych klas, które w pewnym przybliżeniu jest zdeterminowane opisanym powyżej systemem klasyfikacji. Używam sformułowania „w przybliżeniu”, gdyż musimy cały czas pamiętać o semi-permanentności tego systemu. Jeśli więc znalazłbyśmy dokładnie ów system klasyfikacji, byłibyśmy w stanie na dowolnym etapie rozwoju impulsów określić w zdefiniowanej perspektywie

²⁰ Sformułowań „przesłanka” i „konkluzja” używam tu w znaczeniu bardzo bliskim klasycznego rachunku zdań. Działanie impulsów w systemie neuronowym ma bowiem charakter swoistego wnioskowania. Przesłankami są pierwotnie wzbudzone impulsy. Reguły inferencyjne zapisane są w strukturze neuronowej („mapie” systemu) i przybierają formę reguł klasyfikacji bodźców. Impulsy wzbudzone na skutek zastosowania owych reguł inferencyjnych (reguł klasyfikacji) stanowią konkluzję. Ta znów może być traktowana jako kolejna przesłanka.

czasowej ów rezultat. Moglibyśmy także określić, w jaki sposób pewne zmiany w sytuacji wyjściowej (zamiast impulsu *a* wystąpi impuls *d*) wpłynęłyby na ów rezultat końcowy. Jeśli porządek zmysłowy funkcjonuje według przedstawionego schematu i jeśli poszczególne klasy impulsów mogą być wzbudzane zarówno przez bodźce zewnętrzne, jak i przez stopień pobudzenia wewnętrznego systemu (a wiele wskazuje, że tak właśnie jest)²¹, to rysuje się przed nami komputacyjna teoria umysłu. W modelu uformowanym na skutek połączeń neuronowych dokonywane są nieustanne obliczenia, w których na podstawie ukształtowanych regularności (formuł mających charakter opisany powyżej) ma dojść do wypracowania jakiejś predykcji i na jej podstawie wzbudzenia kolejnych klas impulsów, kształtujących adekwatną reakcję. Proces wyjaśniania na poziomie indywidualnym to proces tworzenia właściwej (adekwatnej) klasyfikacji impulsów. Pojedynczy impuls, aby wywołać jakikolwiek rezultat, musi przynależeć do określonej klasy, a to oznacza, że uprzednio musi zostać stosownie sklasyfikowany. Impuls, który nie jest sklasyfikowany, zostanie zignorowany. Nie można mu przypisać żadnej reakcji neuronu. Jeśli nie stanie się on zaczątkiem nowej klasyfikacji (wpłynie na zmianę sposobu działania

²¹ Jednym z odkryć wskazujących na istotność wewnętrznego pobudzenia systemu jest odkrycie tzw. neuronów lustrzanych przez Giacomo Rizzolattiego. Charakterystykę tego odkrycia i jego znaczenie opisuje m.in. Michael Shermer (*Rynkowy umysł. Empatyczne małpy, konkurujący ludzie i inne opowieści ekonomii ewolucyjnej*, przeł. A.E. Eichler, P.J. Szwajcer, Wydawnictwo CiS, Warszawa 2009, s. 216).

neuronu i tym samym zmodyfikuje „mapę” systemu), to pozostanie w systemie niewyjaśniony. Oczywiście jest jednak, że szczegółowość owej klasyfikacji będzie bardzo różna. W jednym przypadku liczna i powtarzalna regularność wzbudzania impulsów doprowadzi do wytworzenia bardzo szczegółowego modelu, który będzie mógł być rozwijany z bardzo dużą dokładnością, stając się tym samym sprawnym narzędziem predykcyjnym. Im bardziej szczegółowy będzie proces tworzenia modelu (proces wyjaśniania), tym mniejszy będzie zbiór bodźców, do którego może mieć zastosowanie. I odwrotnie: im bardziej klasyfikacja będzie ogólna, tym większy zbiór bodźców będzie mógł być w jej ramach klasyfikowany. Na tej podstawie Hayek wprowadza techniczne rozróżnienie na „wyjaśnienie co do zasady” oraz „wyjaśnienie szczegółowe”, zgadzając się przy tym, że większość (jeśli nie wszystkie) wyjaśnienia (lub teorie wyjaśniające), które formułujemy, w istocie są pomyślane jako systemy klasyfikacji na dużym poziomie ogólności, które tworzą klasy z elementów niejednokrotnie bardzo różniących się między sobą, a mimo to podobnych lub identycznych w jakimś analizowanym aspekcie. Na marginesie warto zauważyć, że w tym miejscu autor dość płynnie i w sposób niemal niezauważalny przechodzi od rozumienia wyjaśnienia jako modelu tworzonego w umyśle na podstawie powiązań neuronowych do wyjaśnienia rozumianego jako teoria, czyli zbiór zdań wyjaśniających, wypracowanych na poziomie intersubiektywnym. Jak już zaznaczałem, chociaż ontologicznie jest tu zauważalne przesunięcie categoryczne, to dla Hayeka jest ono bez znaczenia. Należy

przyjąć, że albo jest tu milczące założenie, że model formowany w porządku zmysłowym powinien korespondować ściśle z modelem wyrażonym w jakimś języku komunikowania się między jednostkami (teorią), albo też rzeczywiście problem ten leży poza zainteresowaniem autora.

Różnica pomiędzy wyjaśnieniem co do zasady i wyjaśnieniem szczegółowym zwykle jest słabo uświadamiana. Dzieje się tak głównie z tego powodu, że dobry model wyjaśniający, nawet skonstruowany jako wyjaśnienie co do zasady, może być z dowolną niemal szczegółowością rozwijany i tym samym przeradzać się w wyjaśnienia coraz bardziej szczegółowe. Na poziomie wiedzy intersubiektywnie kształtowanej takiemu rozróżnieniu odpowiada podział na wiedzę teoretyczną i stosowaną.

Tak jak zaznaczyłem na początku, Hayek nie odnosi się w swojej monografii do jakichkolwiek modeli wyjaśniania znanych w literaturze z zakresu filozofii nauki. Niemniej możemy pokusić się o stwierdzenie, że przynajmniej niektóre spośród tych modeli są w części spójne z zaprezentowaną teorią umysłu, a w części komplementarne. Wydaje się, że można wskazać dwie podstawowe różnice. Pierwsza to wzmiankowane już przesunięcie kategoriale. Hayek nie rozróżnia teorii wyrażonych w jakimś języku komunikowania, rozumianych jako uporządkowany zbiór formuł, od modelu ukształtowanego w porządku zmysłowym badacza. Twórcy przeróżnych modeli wyjaśniania też nie wprowadzają takiego rozróżnienia. Tu powód jest jednak oczywisty. Wszystkie znane koncepcje w zasadzie mają ów

społeczny charakter. Omawiają wyjaśnienie jako efekt działań jakiejś zainteresowanej grupy ludzi albo co najmniej jako zbiór zdań komunikowanych na zewnątrz, do określonego kręgu adresatów. Tymczasem u Hayeka te dwa rozumienia przeplatają się wzajemnie. Druga istotna różnica to brak jakiegokolwiek kryterium prawdziwości lub przynajmniej, jak u Groblera, poprawności wyjaśnienia. W kontekście założeń teoriopoznawczych ów brak kryterium prawdziwości wydaje się zrozumiały. Prawie wszyscy teoretycy stosujący podejście epistemiczne odrzucali takie kryterium. Jakieś zasady preferowania jednych wyjaśnień nad innymi występują jednak w większości modeli. U Hayeka można je co najwyżej próbować wywodzić z owych poznawczych założeń. Te próby wywiedzenia owego kryterium zaprowadziłyby nas najprawdopodobniej w pobliże subiektywistycznej koncepcji van Fraassena²². Prawdopodobieństwo wystąpienia danego zdarzenia w modelu będziemy oceniać w interpretacji subiektywistycznej, bayesowskiej. W tym miejscu model Groblera wydaje się ciekawszą propozycją.

Gdzie obserwujemy zbieżności? Po pierwsze, w koncepcji *nomos* i ewidentnym odejściu od jakichkolwiek aspektów przyczynowych, chyba że rozumianych jako hume'owskie przekonanie (wierzenie). W pierwszej zredagowanej koncepcji Hempela i Oppenheima kluczowym elementem rozumowania jest umieszczenie w przesłankach zdania wyrażającego prawo na-

²² B.C. van Fraassen, *The Scientific Image*, Clarendon Press, Oxford 1980.

tury lub też jakąś regularność prawdopodobną. Dla Hayeka wystąpienie owej regularności jest warunkiem *sine qua non* tworzenia modelu w porządku zmysłowym. Bez regularnych bodźców wyzwalających regularne impulsy żadna semipermanentna sieć neuronowych powiązań nie ma szans na powstanie. Bez owych powiązań sieć jest „ślepa”: nie jest w stanie reagować na jakiegokolwiek impulsy. Zjawiska nadzwyczajne, przeczące ustalonym regularnościom, mogą być postrzegane tylko w kontekście owych regularności, jako zaburzające spójność systemu i poddające go nieustannej próbie. Na większość tego typu zjawisk system jest „zaimpregnowany” i po prostu je ignoruje.

Po drugie, teoria umysłu Hayeka wydaje się zbieżna z proponowanym podziałem van Fraassena na temat, klasę kontrastu i relację istotności. Kwestia ujęcia tematu koresponduje z rolą uwagi u Hayeka. Nie zostało to omówione w niniejszym tekście, niemniej teoria dopuszcza ukierunkowane zainteresowanie porządku zmysłowego²³. Prowadzi ono do wyodrębnienia z bodźców pewnych aspektów wspólnych umożliwiających ich klasyfikację. System klas w modelu jest systemem semizamkniętym. Wytworzenie się nowych klas (i tym samym nowych połączeń) jest oczywiście możliwe, ale w danym momencie, w którym impuls jest klasyfikowany, możliwości są ograniczone. Sensowna zatem jest analogia do klasy kontrastu. Podobnie jak zadawane pytanie brzmi: „Dlaczego inflacja 3,5%, a nie deflacja albo inflacja 1% lub 2%” – tak problem na poziomie klasyfikacji impulsów

²³ Por. F.A. von Hayek, *The Sensory Order...*, *op. cit.*, s. 132.

brzmi: „Dlaczego klasa A, a nie B, C lub D itd.?” Relacja istotności jest zaś wyłapywana poprzez uchwyconą regularność. Tutaj dostrzegam daleką zbieżność z modelem S-R Salmona. Porządek zmysłowy jawi się bowiem u Hayeka jako megawrażliwy na występujące w środowisku regularności albo też, mówiąc językiem modelu S-R, relewancje. Zatem na etapie formowania modelu każda choćby najmniejsza relewancja zostanie uchwycona i wkomponowana w model wraz ze stosowną interpretacją – „przekonaniem”, np. co do związku przyczynowego. Relewancja taka będzie odpowiadać postulowanej relacji istotności.

Zauważyłem powyżej, że w koncepcji Hayeka brakuje (podobnie jak u van Fraassena) jakiegokolwiek kryterium uznania danego modelu wyjaśniającego za lepszy od alternatywnego. Oczywiście, można tu odwołać się do jakiejś znaturalizowanej epistemologii i uznać, że o preferencji modelu ostatecznie rozstrzyga sukces ewolucyjny. W takiej sytuacji pomylibyśmy jednak skutek z przyczyną. Rozsądny wydaje się postulat, że to właśnie model bardziej adekwatny (lepsze wyjaśnienie) przesądzi o owym sukcesie, a nie odwrotnie. W tym miejscu propozycja Groblera stanowi lepsze rozwinięcie zagadnienia. Przypomnijmy, że dla Groblera kryterium porównania wyjaśnień (hipotez wyjaśniających) jest ich moc wyjaśniająca. Ta z kolei wyraża się liczbą pytań, które w świetle wiedzy zastanej właściwej dla danej hipotezy możemy poprawnie rozstrzygnąć lub odrzucić. W ten sposób nawiązuje Grobler – tyle że znacznie precyzyjniej – do niezbyt szczęśliwej koncepcji „częścio-

wego wyjaśnienia” u Hempela. To z kolei wydaje się spójne ze szczegółowością modelu u Hayeka. Żaden model formowany w porządku zmysłowym nie może być rozwijany w nieskończoność w zakresie jego szczegółowości. Każdy zatem prezentuje „wyjaśnienie co do zasady” – wyjaśnienie częściowe. Podobnie u Groblera żadna hipoteza wyjaśniająca nie pozwoli na odpowiedź na wszystkie pytania. Niektóre pozostaną nierozstrzygnięte, pomimo że w świetle wiedzy zastanej nie będą one odrzucone. Rzecz jasna, w propozycji Hayeka nie ma mowy o pytaniach i o ich rozstrzygnięciu. Przekładając to jednak na teorię modeli (pamiętając cały czas, że klasyczna definicja modelu nie do końca przystaje do tej koncepcji), można powiedzieć, że mamy do czynienia ze „zdarzeniami” – bodźcami stymulującymi impulsy. Owe impulsy podlegają interpretacji. Model zatem będzie tym lepszy, im więcej zdarzeń jest w stanie poprawnie zinterpretować. Zatem, podobnie jak wyjaśniająca hipoteza, model również może mieć swoją „moc wyjaśniającą”. Tak jak u Groblera pojawia się także kryterium „poprawności” w odniesieniu do interpretacji. Przypomnijmy, że interpretacja w klasycznej teorii to funkcja, która przekształca funkcje, relacje i stałe z jednego zbioru w drugi, zachowując ich prawdziwość w rozumieniu korespondencyjnej koncepcji Tarskiego. Tu oczywiście o prawdziwości w tym rozumieniu nie może być mowy, nie mamy bowiem narzędzia, które byłoby w stanie ową prawdziwość zweryfikować. Ale zaproponowane pojęcie poprawności o charakterze epistemicznym jest możliwe do zastosowania w teorii Hayeka. Parafrazując Groblera, można powiedzieć, że

hipoteza wyjaśniająca jest poprawna, jeśli jej postulaty znaczeniowe nadają się do przyjęcia (są wiarygodnymi hipotezami) w świetle wiedzy zastanej. Jeśli uznamy, że odpowiednikiem wiedzy zastanej jest jakaś istniejąca struktura porządku zmysłowego, jakiś model, w którym już dokonuje się jakaś interpretacja zdarzeń, to nowe zdarzenie, które zostało w ramach modelu zaobserwowane, prowadzi do wytworzenia się kilku konkurencyjnych (hipotetycznych) rozwinięć tego modelu. Każde z tych hipotetycznych rozwinięć (uszczergółowań) będzie podlegało testowaniu na spójność z dotychczasową strukturą. Te, które wykażą się sprzecznością w większym stopniu, będą odrzucone, chyba że dojdzie do weryfikacji struktury bardziej podstawowej, tj. w koncepcji Groblera „wiedzy zastanej”. Jeśli po przeprowadzeniu tej weryfikacji pozostanie jeszcze kilka hipotez konkurencyjnych, to o ich preferencji może ostatecznie rozstrzygnąć kryterium prostoty w sensie pragmatycznym²⁴. U Hayeka ta prostota mogłaby być rozumiana strukturalnie, tzn. prostszy system klasyfikacji, prostsza struktura „mapy” to taka, która „krótszą” drogą prowadzi nas do konkluzji.

Wydaje się, że próba powyższej syntezy sama w sobie może stać się przedmiotem osobnych dociekań. Z punktu widzenia tematu niniejszego tekstu na tym etapie możemy się jednak zatrzymać. Wystarczy bowiem przyjąć, że pojęcie wyjaśniania

²⁴ Na temat sensu prostoty por. Ch.S. Peirce, *Zaniedbany Argument i inne pisma z lat 1907–1913*, przeł. S. Wszolek, Wydawnictwo Naukowe Polskiej Akademii Teologicznej w Krakowie, Kraków 2005, s. 104.

będę rozumiał epistemicznie i że jakkolwiek pomiędzy wyjaśnieniem naukowym a wyjaśnieniem na poziomie indywidualnym, opartym częściowo na teorii modeli, istnieje kategoriałna różnica, to pomiędzy oboma zachodzą dalekie analogie. Mechanizm zaś i jednego, i drugiego wydaje się bardzo zbliżony. W świetle powyższego czas postawić pytanie najważniejsze: Czy taki mechanizm wyjaśniania pozwala nam na stwierdzenie, że wkomponowane są w niego jakieś naturalne granice, które powodują, iż z jednej strony proces uszczegółowienia i doskonalenia modelu, z drugiej zaś proces zwiększania mocy wyjaśniającej kolejnych hipotez, poprzez ich doskonalenie lub rewidowanie zastanej wiedzy, nie są procesami nieskończonymi?

Antynaturalistyczny argument Hayeka

Hayek jest antynaturalistą. Już we wczesnym okresie swojej twórczości podkreślał impotencję ludzkiego umysłu do ogarniania złożonych zjawisk społecznych. Pierwotnie jego przekonanie o istnieniu granic wyjaśnienia odnosiło się do dziedziny, którą zajmował się najintensywniej, czyli do ekonomii. Na tym ufundował swój polityczny liberalizm, który w tej części istotnie różni się od innych koncepcji liberalnych. Wolność gospodarcza i polityczna jest rozsądnym postulatem nie ze względu na jakieś fundamentalne prawa natury, ale z uwagi na świadomość ograniczeń ludzkiego umysłu do projektowania rzeczywistości społecznej. Przekonanie odwrotne prowadzi najczęściej do kata-

strofalnych skutków dla ludzkości²⁵. Najwyraźniej jednak ta antynaturalistyczna hipoteza nie dawała mu spokoju. Dlaczego to bowiem ludzki umysł miałby być niezdolny do pojmowania złożonej społecznej rzeczywistości? Być może błędy przy projektowaniu porządku społecznego nie świadczą o jakichś inherentnych ograniczeniach, a stanowią tylko naturalną fazę rozwoju nauk społecznych, które muszą przejść przez swój okres „niemowlęcy” i „dziecięcy”, aby w końcu stać się w pełni dojrzałymi naukami ze sprecyzowanym przedmiotem badania i metodami. Tego typu rozważania skierowały go w końcu w stronę szczegółowej analizy ludzkiego aparatu poznawczego. Po przedstawieniu swojej teorii umysłu Hayek stawia pytanie najważniejsze: Czy wyjaśnienie, rozumiane jako proces tworzenia modelu rzeczywistości zewnętrznej poprzez system klasyfikacji, ma jakieś granice? Czy model można budować i rozwijać w nieskończoność? Intuicyjnie każdy z nas dostrzega zjawiska, których wyjaśnienie jawi się jako ekstremalnie trudne. Do takich będą należały przede wszystkim procesy cechujące się wysoką złożonością, jak zjawiska pogodowe lub biologiczne. Liczba zmiennych, które należy wziąć pod uwagę, jest tu bowiem tak duża, iż praktycznie ludzki umysł nie jest w stanie zmierzyć się z nimi.

²⁵ F.A. von Hayek, *Droga do zniewolenia*, przeł. K. Gurba *et al.*; Wydawnictwo Arcana, Kraków 2003; *Law, Legislation and Liberty. A New Statement of the Liberal Principles of Justice and Political Economy*, vol. I: *Rules and Order*, The University of Chicago Press, Chicago 1983; *Konstytucja wolności*, przeł. J. Stawiński, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007; *Nadużycie rozumu*, przeł. Z. Siembierowicz, Oficyna Wydawnicza Volumen, Warszawa 2002.

Ograniczenia te mają jednak komputacyjny, „praktyczny”, jak powie Hayek, charakter. Czy jednak istnieją jakieś ograniczenia wynikające z samej konstrukcji aparatu? Wprowadzone tu rozróżnienie na *practical limits to explanation* i *absolut limit*, czyli ograniczenia praktyczne i absolutne, dobrze koresponduje z podziałem, który możemy znaleźć u innych autorów, w tym Stephena Wolframa²⁶ oraz Witolda Marciszewskiego²⁷. Problemy podlegające wyjaśnieniu zostają u nich podzielone na problemy niedostępne obliczeniowo (*intractable*) oraz problemy nierozstrzygalne (*undecidable*). Niedostępność obliczeniowa odpowiada ograniczeniom praktycznym. Liczba danych koniecznych do przetworzenia celem rozstrzygnięcia problemu (czytaj: wyjaśnienia – czyli zbudowania stosownego modelu) jest tak ogromna, że z punktu widzenia poznającego podmiotu, nawet wyposażonego w nowoczesną technikę obliczeniową, staje się niemożliwa do przetworzenia. Marciszewski jako jeden z przykładów takich problemów podaje paradoks komiwojażera²⁸. Klasę problemów nierozstrzygalnych i ich definicję

²⁶ S. Wolfram, *Undecidability and Intractability in Theoretical Physics*, „Physical Review Letters” 1985, iss. 54, s. 735–738.

²⁷ W. Marciszewski, *Szkice do współczesnej metodologii nauk społecznych*, 2003, <http://www.calculemus.org/SzkiceMet/index.html> (dostęp: 23.11.2010).

²⁸ „Inny przykład niewyobrażalnie wielkiego zapotrzebowania na czas, nawet większy niż wykładniczy, bo silniejszy, to problem komiwojażera: mając dane położenia n miast, objechać je wszystkie najkrótszą trasą bez odwiedzania któregośkolwiek więcej niż raz. Niech do odwiedzenia będzie 20 miast (nie licząc miejsca startu). Liczba tras wynosi wtedy $20!$, bo tyle jest możliwych uporządkowań w zbiorze 20 elementów. Nie

zawdzięczamy Alanowi Turingowi, który w swojej pracy z 1936 roku²⁹ wykazał, że w rachunku logicznym istnieją zagadnienia nierozstrzygalne. O ile świadomość istnienia tych pierwszych ograniczeń jest powszechnie akceptowana, o tyle te drugie ograniczenia, zwłaszcza w odniesieniu do naszych zdolności wyjaśniania rzeczywistości, są sporne.

Opierając się na przedstawionej teorii umysłu, Hayek dowodzi dwóch tez. Po pierwsze, że wyjaśnianie rozumiane jako proces modelowania rzeczywistości, opisany powyżej, ma swoje naturalne, inherentne ograniczenia. Aparat wyjaśniający nie może wyjaśnić sam siebie. Narzędzie służące do poznania rzeczywistości poprzez jej modelowanie nie może być jednocześnie modelem i przedmiotem modelowania. Tym samym zagadnienie to dołącza do problemów, które zdaniem Hayeka byłyby zapewne nierozstrzygalne w rozumieniu Tu-

znaleziono dotąd algorytmu innego niż ten, który polega na wyliczeniu wszystkich kombinacji, zsumowaniu w każdej z kombinacji długości odcinków i rozpoznania najmniejszej z tych sum. Ponieważ mamy do czynienia z faktem, że $20! = 2\,432\,902\,008\,176\,640\,000$, można sobie na tym przykładzie uprzytomnić, na czym polega algorytmiczna niedostępność. Jeśli nasz komputer potrafi sprawdzić milion kombinacji w ciągu sekundy, to sprawdzenie wszystkich musiałyby zająć 77 000 lat, a dorzućmy jeszcze kilka miast, to na liczenie nie starczyłoby dotychczasowego wieku wszechświata” (W. Marciszewski, *Nierozstrzygalność i algorytmiczna niedostępność w naukach społecznych*, „Filozofia Nauki” 2004, 3, s. 13–14).

²⁹ A. Turing, *On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem*, „Proceedings of the London Mathematical Society” 1937, 2 (42), s. 230–265.

ringa. Po drugie, ponieważ rzeczywistość zewnętrzna jest nam dostępna wyłącznie poprzez opisany aparat wyjaśniający, wyjaśnienie pełne wymaga pełnego wyjaśnienia samego aparatu. Bez tego wyjaśnienie będzie zawsze w większym lub mniejszym stopniu „wyjaśnieniem co do zasady”. Tylko takie jest nam dostępne. To drugie wydaje się naturalną konsekwencją pierwszego.

Jak zatem Hayek argumentuje na rzecz tego pierwszego ograniczenia? Podstawowa teza zostaje sformułowana w następujący sposób:

any apparatus of classification must possess a structure of a higher degree of complexity that is possessed by an object which it classifies

[jakikolwiek aparat klasyfikacji musi posiadać strukturę o wyższym stopniu złożoności niż ta posiadana przez klasyfikowany obiekt]³⁰.

Na podstawie wielu przykładów Hayek tłumaczy, co oznacza wymóg „wyższego stopnia złożoności” dla aparatu klasyfikacji. Musi on być bowiem w jakikolwiek sposób mierzalny. Ów stopień złożoności dla poszczególnych obiektów klasyfikacji oznacza liczbę oddzielnych klas, do których obiekt ten może być przyporządkowany. Hayek podaje między innymi następujący

³⁰ F.A. von Hayek, *The Sensory Order ...*, *op. cit.*, s. 185. Tłumaczenie własne.

przykład: Załóżmy, że liczba klas, według których klasyfikujemy poszczególne obiekty, wynosi n (A, B, C, \dots, N). Oznacza to, że każdy z klasyfikowanych obiektów może posiadać lub nie n różnych cech, które kwalifikują go pod którąś z klas $A-N$. Przyjmijmy dodatkowo, że każdy z obiektów, który różni się od innych przynajmniej jedną cechą (klasą), będzie kwalifikowany do oddzielnej klasy (w przeciwnym wypadku byłby nierozróżnialny dla aparatu klasyfikacyjnego). W takim przypadku liczba oddzielnych klas obiektów, na które aparat będzie musiał odmiennie zareagować, wynosi 2^{n+1} . Jak widać na powyższym przykładzie, liczba oddzielnych klas, którymi będzie musiał dysponować aparat, jest znacznie większa niż liczba klas, względem których możemy klasyfikować poszczególne obiekty. W tym przypadku wymóg „wyższego stopnia złożoności” jest spełniony. Przyjmując, że umysł pracuje w analogiczny sposób jak aparat klasyfikacji (a w myśl przedstawionej teorii byłoby to założenie prawdziwe), i że proces modelowania jest niczym innym jak tylko procesem budowania dróg klasyfikacji (tworzenia kolejnych klas), którymi umysł będzie się posługiwał celem wytworzenia stosownej reakcji, konsekwentnie zakładamy, że jego stopień złożoności musi być istotnie wyższy od jakiegokolwiek obiektu podlegającego wyjaśnianiu. Stopień tej złożoności ulega dodatkowemu zwiększeniu, kiedy uświadomimy sobie, że poza klasyfikacją obiektu dokonaną zgodnie z jego cechami prezentowanymi aktualnie umysł winien też dokonać „modelowania w przyszłość”, a zatem uwzględnić także potencjalne dodatkowe okoliczności, który wpłyną na strukturę i zachowa-

nie modelowanego obiektu w określonej, przyszłej perspektywie czasowej.

Aby dodatkowo zobrazować tę kwestię, Hayek podaje jeszcze dwa przykłady. Wyobraźmy sobie maszynę, której zadaniem jest klasyfikowanie określonych obiektów według wyłącznie jednej cechy (klasy), jaką jest ich długość. Każdy z klasyfikowanych obiektów posiada tylko jedną, określoną długość. Maszyna jednak musi mieć możliwość rozróżniania w zasadzie nieskończonej liczby różnych długości obiektów celem ich prawidłowej klasyfikacji. Inna analogiczna relacja będzie odnosiła się do maszyny liczącej ograniczonej największą możliwą liczbą, którą może wyświetlić. Jeśli liczba ta wynosi 999 999 999, to ilość operacji, którą maszyna licząca powinna wykonać w obszarze znanej nam arytmetyki liczb naturalnych, będzie znacznie większa niż ta granica. Wystarczy zauważyć, że sama operacja dodawania par liczb naturalnych to: 500 000 000 odrębnych działań dających wynik 999 999 999, 499 999 999 oddzielnych działań dających wynik 999 999 998 itd.

Jeśli powyższą zasadę, tj. wymóg wyższego stopnia złożoności, zastosujemy do umysłu, to oczywiście wydaje się, że szczegółowe wyjaśnienie jego działania, pozwalające na trafną predykcję rezultatów przy uwzględnieniu wszystkich danych zmiennych, wymagałoby umysłu posiadającego wyższy stopień złożoności od umysłu, którym się posługujemy. Taki umysł nie jest nam dostępny. Nawet jednak gdyby był, szczegółowe wyjaśnienie wymagałoby z kolei wyjaśnienia działania owego umysłu o wyższym stopniu złożoności, a do tego niezbędny byłby

jeszcze wyższy stopień złożoności. Jak widać, proces ten dąży do nieskończoności. Co ciekawe, mimo iż Hayek wyklucza wyjaśnienie funkcjonowania umysłu, nie wyklucza logicznie możliwości skonstruowania maszyny liczącej o wyższym stopniu złożoności niż umysł, która potrafiłaby reprodukować działania tegoż umysłu. Do skonstruowania takiej maszyny wystarczające mogłoby okazać się „wyjaśnienie co do zasady”.

Nie jest także możliwe wyjaśnienie częściowe, odnoszące się tylko do poszczególnych, wybranych procesów zachodzących w mózgu. Wyjaśnienie takie wymagałoby bowiem odseparowania tychże procesów od pozostałej aktywności mózgu, co jest odrzucone przez zaprezentowaną teorię.

W konsekwencji teoria umysłu prezentowana przez Hayeka jawi się jako antyreduccionistyczna i praktycznie dualistyczna, choć zbudowana jest na ściśle fizykalnych podstawach. Ze względu na niewyjaśnialność procesów umysłowych jesteśmy skazani na ów praktyczny dualizm:

we shall have permanently to be content with a practical dualism, a dualism based not on any assertion of an objective difference between the two classes of events, but on the demonstrable limitation of the powers of our own mind fully to comprehend the unitary order to which they belong

[będziemy musieli na stałe zadowolić się praktycznym dualizmem, dualizmem opartym nie na zaakceptowaniu obiektywnej różnicy pomiędzy dwiema klasami zdarzeń, ale na możliwej do wykazania granicy zdolności naszego umysłu do pełnego zro-

zumienia jednolitego porządku, do którego owe zdolności należą]³¹.

Konsekwencją wykazanego limitu w możliwościach eksplanacyjnych naszego umysłu jest także drugie twierdzenie Hayeka. Jakakolwiek unifikacja nauk, rozumiana w ten sposób, że wszystkie zjawiska, którymi zajmuje się nauka, mogą być przedstawione w kategoriach fizycznych, jest nieosiągalnym postulatem. Wszystkie bowiem nauki, które za swój przedmiot obierają sobie studia nad zachowaniem człowieka, wcześniej czy później ugrzęzną w próbach tłumaczenia tegoż zachowania przez pryzmat zdarzeń mentalnych, jak wykazano powyżej, niewyjaśnialnych. Innymi słowy, nauki te będą skazane wyłącznie na bezpośrednią wiedzę o różnych zdarzeniach mentalnych, a człowiek (czy też bardziej jego porządek zmysłowy) pozostanie na zawsze jednostką nieredukowalną do zdarzeń czysto fizycznych. To oczywiście nie powoduje, że uprawianie psychologii jako takiej jest bezprzedmiotowe. Tak bowiem nie jest. Psychologia, która za przedmiot swoich dociekań obiera zestaw poznawczo dostępnych zjawisk z obszaru naszego zachowania, nie wykluczając przy tym także zjawisk dostępnych wyłącznie poprzez introspekcję, może wnieść wiele do zrozumienia podstaw tych zachowań. Zawsze jednak będzie to „wyjaśnienie co do zasady”. Skazane na niepowodzenia zaś będą wszelkie próby wyjaśniania ludzkich zachowań wyłącznie w aspekcie określonych

³¹ *Ibidem*, s. 191.

czynników materialnych (fizykalnych) wpływających na te zachowania.

Owa niemożliwość pełnej unifikacji nauk i redukcji wszystkich zjawisk do zdarzeń fizycznych, jakkolwiek w mniej istotny sposób, odnosi się także do nauk ścisłych; nauk, których przedmiotem jest wyjaśnianie świata fizycznego. Owo wyjaśnienie dokonuje się bowiem poprzez konstruowanie coraz doskonalszych jego modeli w porządku zmysłowym. Doskonałość modelu oznacza zaś coraz lepszą korespondencję pomiędzy budowanym modelem, relacjami odtwarzanymi pomiędzy zdarzeniami mentalnymi a światem fizykalnym, relacjami tamże zachodzącymi. Pełne, szczegółowe wyjaśnienie relacji fizykalnych byłoby możliwe dopiero po konwersji tych dwóch modeli, a zatem po dokonaniu wyjaśnienia zdarzeń mentalnych w kategoriach zdarzeń fizykalnych, co – jak wyżej wykazano – nie jest możliwe.

In other words, a complete explanation of even the external world as we know it would presuppose a complete explanation of the working of our senses and our mind. If the latter is impossible, we shall also be unable to provide a full explanation of the phenomenal world [Innymi słowy, wyjaśnienie zupełne zdarzeń w zewnętrznym świecie, takim jakim go znamy, wymagałoby uprzedniego, zupełnego wyjaśnienia zasad działania naszych zmysłów i umysłu. Jeśli to ostatnie jest niemożliwe, nie będziemy także zdolni do zupełnego wyjaśnienia świata fenomenalnego]³².

³² *Ibidem*, s. 194. Tłumaczenie własne.

Czy argument Hayeka jest trafny? Generalnie trzeba przyznać, że jest on niezwykle nowatorski, zważywszy na to, że został sformułowany pierwotnie około 70 lat temu. Do kwestii ograniczeń eksplanacyjnych naszego aparatu poznawczego Hayek podchodzi w sposób charakterystyczny dla współczesnej kognitywistyki, choć wówczas nikt jeszcze takim pojęciem nie operował. Zamiast – jak to czynili i nadal czynią filozofowie nauki i metodolodzy – wikłać się w abstrakcyjne przykłady i gry językowe, sięga do samej esencji naszego poznania świata i w niej poszukuje odpowiedzi na pytanie dotyczące granic wyjaśnienia. Zaskakujące jest to, że prezentowane przez niego tezy nie spotkały się jak dotąd z szerszym oddźwiękiem. W literaturze dotyczącej filozofii umysłu Hayek jest w zasadzie nieobecny. Nieobecny jest także w literaturze dotyczącej metodologii nauk. W konsekwencji znajomość jego kluczowego dzieła jest bardzo ograniczona, co oznacza także, że niewielu jest jego krytyków. Ci, którzy go odkryli, są raczej apologetami tej teorii³³. Czy jednak takie podejście albo uzyskane rezultaty bronią się nadal w świetle naszej aktualnej wiedzy?

Po pierwsze, trzeba pamiętać, że rozumowanie Hayeka jest ściśle powiązane z przedstawioną teorią umysłu, a dokładniej z koncepcją komputacjonistyczną. Umysł jest tu zredukowany do aparatu klasyfikacji bodźców, aparatu względnie plastycznego, który kształtuje się wraz z odbiorem tychże bodźców. Jest

³³ J. Fuster, *Memory in the Cerebral Cortex: An Empirical Approach to Neural Networks in the Human and Nonhuman Primate*, MIT Press, Cambridge 1995; oraz G.R. Steele, *Hayek's Sensory...*, *op. cit.*

to zatem swoista maszyna obliczeniowa, która rozpoznaje dwa stany: „włącz” i „wyłącz”. Komórki nerwowe bowiem tak właśnie działają: albo znajdują się w stanie pobudzenia, obserwowanego technikami PET czy też rezonansu magnetycznego, albo w stanie spoczynku. W zależności od tego, jakie „zestawy komórek” (obszary mózgu) znajdują się w stanie pobudzenia, takie funkcje realizuje aparat poznawczy. Wydaje się, że wiele współczesnych badań neurobiologicznych potwierdza taką konstrukcję. Niemniej nie brak też stanowisk sprzeciwiających się redukcji i poszukujących źródła naszych jakości zmysłowych daleko poza reakcjami neuronalnymi. Gdyby okazało się, że działanie naszego aparatu poznawczego ma inny charakter, w szczególności niekomputacyjny, ciągły, to konsekwentnie takie odkrycie musiałoby prowadzić do rewizji teorii Hayeka.

Jeśli zaakceptujemy powyższe założenie co do funkcjonowania porządku zmysłowego, to możemy zająć się najważniejszą tezą. Czy rzeczywiście wyjaśnienie rozumiane tak, jak przedstawia to Hayek, wymaga aparatu klasyfikacji o stopniu złożoności wielokrotnie większym niż złożoność badanego układu? Aby to rozstrzygnąć, Hayek zarysowuje swoją koncepcję stopnia złożoności. Jest ona spójna z tą, którą prezentował w eseju z 1967 roku³⁴. Przypomnijmy: stopień złożoności został tam zdefiniowany poprzez najmniejszą liczbę elementów, z której musi się składać określony układ, aby ujawnić wszystkie

³⁴ F.A. von Hayek, *The Theory of Complex Phenomena* [w:] *idem, Studies in Philosophy, Politics and Economics*, Routledge & Kegan Paul, London 1967, s. 22–42.

swoje charakterystyczne cechy, wedle których będzie klasyfikowany. Jeśli takie kryterium złożoności zastosujemy do układów społecznych, to natrafimy na dwa nierozstrzygalne problemy. Po pierwsze, nie wiemy, które cechy należy uznać za istotne dla danego układu społecznego, aby dokonać jego rozsądnej klasyfikacji. Po drugie, nie potrafimy dokonać dekonstrukcji tego układu w taki sposób, aby nawet przy założeniu, że jesteśmy w stanie policzyć owe istotne cechy, możliwe było także policzenie najmniejszej koniecznej liczby elementów. Poza intuicyjnym wrażeniem, że liczba ta jest niepoliczalnie duża, nic więcej nie jesteśmy w stanie ustalić. To samo kryterium działa jednak dość sprawnie w modelu abstrakcyjnym. Mając do czynienia z prostym aparatem klasyfikacji, w każdym przypadku jesteśmy w stanie policzyć liczbę elementów (klas) niezbędnych do klasyfikacji aparatu, a tym samym do wyjaśnienia zasad jego działania. Pod tym względem przykłady Hayeka pozostają w zgodzie z podstawowymi regułami kombinatoryki. Czy rzeczywiście jednak do wyjaśnienia aparatu klasyfikacji potrzebujemy aparatu o stopniu złożoności wielokrotnie większym niż przedmiot wyjaśnienia? Jeśli wyjaśnienie pełne będziemy rozumieli tak jak Hayek i jeśli będziemy oczekiwali, iż konstruowany model będzie mógł być rozwijany z dowolną szczegółowością, to argument Hayeka jest trafny. Gdyby bowiem model wyjaśniający nie posiadał owego wielokrotnie wyższego stopnia złożoności, to by oznaczało, że istnieją procesy klasyfikacyjne, których aparat nie jest w stanie odtworzyć, albo też wyjaśnienie tychże procesów, ich rozwinięcie w modelu, wymagałoby rozbudo-

wania aparatu klasyfikacji. Tu jednak pojawia się zagadnienie kluczowe i chyba najistotniejszy zarzut pod adresem koncepcji Hayeka. Czy rzeczywiście potrzebujemy wyjaśnienia pełnego? Czy nie jest ono jakimś niedościgłym ideałem, który w istocie niewiele ma wspólnego z faktycznym procesem wyjaśniania? Oczywiście, jest to jakiś stan obiektywnie pożądany. Rozbudowując wyjaśnienia w obszarze fizyki, żyjemy w przekonaniu, że ten konkretny model wyjaśniający jest modelem zupełnym, tj. że potrafi wyjaśnić w danym obszarze badania wszystkie zjawiska z dowolną szczegółowością. Taką idealizacją posługiwał się w zasadzie tylko model D-N Oppenheima i Hempla. Pozostałe propozycje, w tym w szczególności modele erotetyczne van Fraassena i Groblera, nie oczekują odpowiedzi na wszystkie pytania problemowe. Model Hempla, zresztą właśnie poprzez swoją nadmierną ambicję do zupełności, wikał się w paradoksy, które zmuszały jego twórców do posługiwania się pojęciem wyjaśnienia częściowego, co odpowiada Hayekowemu „wyjaśnieniu co do zasady”. Pod tym względem propozycja van Fraassena wydaje się bardziej odpowiadająca realiom. Nie szukamy idealnych modeli nomotetycznych. Wyjaśnienie służy odpowiedzi na pytania problemowe. To, jakie pytania zostaną postawione i jakich udzielimy odpowiedzi, zależy w znacznej mierze od tzw. wiedzy zastanej. W żadnym przypadku jednak nie oczekujemy odpowiedzi na wszystkie pytania, a także nie oczekujemy, że jesteśmy w stanie postawić wszystkie problemy. Oczywiście, byłoby nadinterpretacją myśli Hayeka twierdzenie, że zaproponowana przez niego koncepcja wyjaśniania proponuje idealne

modelowanie recypowanej przez aparat poznawczy rzeczywistości. Rozumienie „modelu” u Hayeka nie pokrywa się z rozumieniem „modelu” w rachunku predykatów. Głównym problemem jest bowiem dynamiczny charakter tego modelu, który niejako z góry zakłada nieustanne „błądzenie” i permanentne testowanie modelu co do jego spójności oraz jego korygowanie w kontekście uzyskanych wyników. Tym bardziej w świetle takiego podejścia niejasne staje się rozróżnienie na „wyjaśnienie zupełne” i „wyjaśnienie co do zasady”. Przypomnijmy, że sam Hayek w końcu stwierdza, iż każde wyjaśnienie na pewnym stopniu szczegółowości musi zostać uznane za „wyjaśnienie co do zasady”. Jak w kontekście tego ocenić zatem jego argument? Wydaje się, że w tym miejscu dochodzimy do kluczowej kwestii, która nie została wprost przez niego wyrażona – kwestii stopniowości wyjaśnienia.

Wyjaśnienie zupełne jawi się jako pewna abstrakcyjna konstrukcja, niemająca żadnego odpowiednika ontologicznego, która służy tylko temu, aby zobrazować koncepcje wyjaśniania u Hayeka. Każde wyjaśnienie dokonywane w aparacie poznawczym jest w mniejszym lub większym stopniu „wyjaśnieniem co do zasady”. To jednak jest stopniowalne. Konstruowany model może mieć wyższy lub niższy stopień szczegółowości – lub, używając języka van Fraassena, odpowiadać na większą lub mniejszą liczbę poprawnie sformułowanych problemów. Rzecz w tym, że owa stopniowość jest zależna od przedmiotu wyjaśniania. Im bardziej przedmiot ten oddala się od naszego aparatu poznawczego, tym większą szczegółowość modelu mo-

zemy osiągnąć i tym doskonalszy może być sam model. Jeżeli przedmiot naszego wyjaśnienia zbliża się do obszaru naszego aparatu poznawczego, to szczegółowość modelu będzie mniejsza. Bliskość z aparatem poznawczym należy przy tym rozumieć jako stopień zależności przedmiotu poznania od działania samego aparatu. Jeśli przedmiotem poznania jest dynamika ruchu ciała sztywnego, to zależność ta wyraża się wyłącznie w sposobie postrzegania owego ruchu. Ruch samego ciała jest od aparatu niezależny. Jeśli jednak przedmiotem poznania są działania lub decyzje podejmowane przez jednostki bądź społeczności, to zależność ta jest bardzo silna. Wyjaśnienie zaś samego aparatu jest możliwe tylko przy bardzo wysokim stopniu ogólności, co w zasadzie stawia pod znakiem zapytania falsyfikowalność modelu. Dlaczego tak się dzieje? Niezależnie od tego, czy argument ze stopnia złożoności aparatu klasyfikacji jest trafny czy też nie, to sama koncepcja aparatu poznawczego i wyjaśniania implikuje jego komputacyjny charakter. Jeśli tak byłoby w istocie, to już nie tylko przykłady Hayeka, ale także wyniki prac klasyków nieobliczalności, Alana Turinga, Alonza Churcha czy Kurta Gödla, zdają się wskazywać, że w takim modelu można rozsądnie spodziewać się problemów nieobliczalnych czy też nierozstrzygalnych.

W późniejszych swoich publikacjach Hayek zaczął dostrzegać istotne podobieństwo swojego argumentu do problemu nierozstrzygalności sformułowanego m.in. w twierdzeniach limitacyjnych Gödla i pozwolił sobie na pewne uogólnienie.

Gödel's theorem is but a special case of a more general principle applying to all conscious and particularly all rational processes, namely the principle that among their determinants there must always be some rules which cannot be stated or even be conscious. [Twierdzenie Gödla jest niczym innym jak tylko szczególnym przypadkiem bardziej ogólnej zasady znajdującej zastosowanie do wszystkich świadomych, a w szczególności racjonalnych procesów – zasady, że pośród czynników determinujących owe procesy zawsze muszą znajdować się także reguły, które nie mogą być wyrażone czy nawet uświadomione]³⁵.

Takie stwierdzenie jest szeroką interpretacją wspomnianych twierdzeń, niemniej wytyczyło ono nadal aktualny kierunek badań w filozofii umysłu. Hayek jawi się tutaj jako jego absolutny prekursor.

³⁵ F.A. von Hayek, *Studies in Philosophy...*, *op. cit.*, s. 67. Tłumaczenie własne.

Bibliografia

- J. Fuster, *Memory in the Cerebral Cortex: An Empirical Approach to Neural Networks in the Human and Nonhuman Primate*, MIT Press, Cambridge 1995.
- A. Grobler, *Metodologia nauk*, Aureus, Kraków 2006.
- F.A. Hayek, *Studies in Philosophy, Politics, and Economics*, Routledge & Kegan Paul, London 1967.
- F.A. Hayek, *The Theory of Complex Phenomena* [w:] *idem, Studies in Philosophy, Politics and Economics*, Routledge & Kegan Paul, London 1967, s. 22–42.
- F.A. Hayek, *Law, Legislation and Liberty. Volume I. Rules and Order*, The University of Chicago Press, Chicago 1983.
- F.A. Hayek, *The Sensory Order. An Inquiry into the Foundation of Theoretical Psychology*, The University of Chicago Press, Chicago 1992.
- F.A. Hayek, *Nadużycie rozumu*, Oficyna Wydawnicza Volumen, Warszawa 2002.
- F.A. Hayek, *Droga do zniewolenia*, Wydawnictwo Arcana, Kraków 2003.
- F.A. Hayek, *Zgubna pycha rozumu. O błędach socjalizmu*, Wydawnictwo Arcana, Kraków 2004.
- F.A. Hayek, *Konstytucja wolności*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
- M. Heller, *Filozofia przyrody. Zarys wykładu*, Znak, Kraków 2005.
- G.C. Hempel, P. Oppenheim, *Studies in the Logic of Explanation*, „Philosophy of Science” 1948 15(2), s. 135–175.

- J.W. Kalat, *Biologiczne podstawy psychologii*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
- J. Locke, *An Essay Concerning Human Understanding*, Thomas Tegg, London 1841.
- J. Locke, *Rozważania dotyczące rozumu ludzkiego*, PWN, Warszawa 1955.
- W. Marciszewski, *Szkice do współczesnej metodologii nauk społecznych*, 2003, <http://www.calculemus.org/SzkiceMet/index.html> (dostęp: 23.11.2010).
- A. Margalis, *First Order Mathematical Logic*, Dover Publication Inc., New York 1990.
- C.S. Peirce, *Zaniedbany Argument i inne pisma z lat 1907–1913*, Wydawnictwo Naukowe PAT, Kraków 2005.
- R. Rożdżeński, *Filozofia poznania. Zarys problematyki*, Wydawnictwo Naukowe PAT, Kraków 2003.
- B. Russell, *Problemy filozofii*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003.
- G. Ryle, *The Concept of Mind*. Penguin, London 1963.
- C.W. Salmon, *Causality and Explanation*, Oxford University Press, Oxford 1998.
- C.W. Salmon, *Four Decades of Scientific Explanation*, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh 2006.
- C.W. Salmon, C. R. Jeffrey, G. J. Greeno, *Statistical Explanation and Statistical Relevance*, University of Pittsburgh Press, Pittsburgh 1971.

- M. Schermer, *Rynkowy umysł. Empatyczne małpy, konkurujący ludzie i inne opowieści ekonomii ewolucyjnej*, Wydawnictwo CiS, Warszawa 2009.
- G.R. Steele, *Hayek's Sensory Order*, „Theory and Psychology” 2002 12(3), s. 387–409.
- M. Strevens, *Scientific Explanation for the Macmillan Encyclopedia of Philosophy*, 2010, <http://www.strevens.org/research/simplexuality/Expln.pdf> (dostęp: 23.11.2010).
- W. Szewczuk, *Psychologia*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1990.
- A. Turing, *On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem*, „Proceedings of the London Mathematical Society” 1937, 2(42), s. 230–265.
- B.C. van Fraassen, *The Scientific Image*, Clarendon Press, Oxford 1980.
- S. Wolfram, *Undecidability and intractability in theoretical physics*, „Physical Review Letters” 1985, 54, s. 735–738.

Kilka uwag o problemie demarkacji ze stanowiska informacjonizmu

Bartosz Gorzula

A Few Remarks on Demarcation Problem from the Perspective of Informationism

Abstract

The purpose of this paper is to demonstrate a different perspective on the problem of demarcation. It presents the results achieved by J. Hintikka and the Finnish school of the philosophy of science. However, the origins of this approach can be traced to the work of R. Carnap and Y. Bar-Hillel. The controversy over confirmationism and falsificationism is based on false assumptions. We need both probability and informative content. Our theories must have a connection with reality (high probability) and reflect its deep structure (information). Expected informational content allows us to define a “negative” demarcation criterion between science and pseudoscience.

Keywords:

demarcation problem, pseudoscience, informationism, falsificationism, confirmationism, abduction, epistemology of information, explanatory power, semantic information.

Trzydzieści lat temu Larry Laudan ogłosił śmierć problemu demarkacji nauki i pseudonauki¹. Wyraził przy tej okazji wątpliwość, czy filozofowie w ogóle są wystarczająco kompetentni, aby „przed pałacem nauki pełnić rolę odzwiernych”. Mimo to od lat 80. ubiegłego wieku liczba publikacji na ten temat nadal rośnie. Problem demarkacji ma bowiem swoje bardzo przyziemne, praktyczne konsekwencje. Przykładowo prawnicy od wielu lat toczą spory wokół definicji „dowodu naukowego”. Sprowadza się on do dylematu powołania na biegłych ekspertów z dziedzin „kontrowersyjnych”². Można nawet zaryzykować

¹ L. Laudan, *The Demise of the Demarcation Problem* [w:] R.S. Cohan, L. Laudan (red.), *Physics, Philosophy, and Psychoanalysis*, Reidel, Dordrecht 1982, s. 111–127; S. Fuller, *The Demarcation of Science: A Problem Whose Demise Has Been Greatly Exaggerated*, „Pacific Philosophical Quarterly” 1985, 66, s. 329–341.

² Sąd Najwyższy Stanów Zjednoczonych w głośnej sprawie *Daubert vs. Merrell Dow Pharmaceuticals* opowiedział się za stosowalnością Popperowskiego kryterium falsyfikacji do rozstrzygnięcia o „naukowości” danej dziedziny. Jedyne orzeczenie polskiego Sądu Najwyższego dotyczące tej materii pochodzi z 20 października 1985 roku, sygn. III CZP 59/85. Dopuszczono w nim powoływanie „biegłych z zakresu radiestezji”. W uzasadnieniu Sąd Najwyższy stwierdził, że radiestezja „choć nie opiera się na czystej nauce, to wywodzi się z wiedzy praktycznej”.

tezę, że problem pseudonaukowości jest drażliwy bardziej w sferze publicznej niż w obrębie samej nauki.

W połowie ubiegłego wieku spór o kryterium demarkacji toczył się przede wszystkim na osi konfirmacjonizm–falsyfikacjonizm. Nieco później pojawiły się koncepcje odwołujące się do szeroko rozumianej mocy wyjaśniającej³. Do takiego sposobu przedstawienia sporu dobrze pasował zatem Peirce'owski podział na indukcję (konfirmacjonizm), dedukcję (falsyfikacjonizm) i abdukcję (moc wyjaśniająca). Ten trójkatny podział jest fałszywy z wielu powodów. Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie innego spojrzenia na problem demarkacji. Punktem wyjścia będzie „epistemologia informacji” Jaakko Hintikki oraz wyniki związanej z nim fińskiej szkoły w filozofii nauki. W niektórych miejscach będę określał tę koncepcję mianem „informacjonizmu”. Źródeł tego ujęcia można doszukać się jednak już w pracach Rudolfa Carnapa i Yehoshua Bar-Hillela⁴. Poniższe rozważania nie pretendują do miana jakiegokolwiek nowości filozoficznej. Artykuł stanowi jedynie próbę zwrócenia uwagi na koncepcje zasadniczo nieobecne w polskiej filozofii nauki.

³ L. Laudan, *Progress and Its Problems: Toward a Theory of Scientific Growth*, Routledge and Kegan Paul, London 1977.

⁴ Y. Bar-Hillel, R. Carnap, *Semantic Information*, „The British Journal for the Philosophy of Science” 1953, 14, s. 147–157.

1. Informacja semantyczna

1. Ujęcie J. Hintikki⁵ podziela podstawową intuicję poprzedników – Karla R. Poppera, Y. Bar-Hillela i R. Carnapa. Informacja jest ściśle powiązana z eliminacją niepewności. Im więcej informacji posiadamy, tym więcej możliwości możemy zignorować:

INFORMACJA O TYM, ŻE $P \equiv$ ELIMINACJA TYCH MOŻLIWYCH STANÓW RZECZY, W KTÓRYCH $\text{NIE} \rightarrow P$.

Informacja (*Inf*) zatem jest odwrotnie skorelowana z prawdopodobieństwem „czysto logicznym” (*PrL*), tj. takim, którego rozkład jest całkowicie zależny od struktury danego języka.

$$\text{Inf}(P) = 1 - \text{PrL}(P)$$

Struktura języka wyznacza nam opis „bazowej możliwości” (możliwego stanu świata / przebiegu zdarzeń / itp.), która dopóki koncentrujemy się na językach rzędu 0, jest dosyć łatwo definiowalna. Jeśli wyobrazimy sobie język zawierający dwie zmienne zdaniowe *P* i *Q*, to w języku tym będzie można przedstawić następujące opisy bazowych możliwości:

$$P \ \& \ Q; P \ \& \ \sim Q; \sim P \ \& \ Q; \sim P \ \& \ \sim Q.$$

⁵ J. Hintikka, *Surface and Depth Information* [w:] J. Hintikka, P. Suppes (red.), *Information and Inference*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht 1970, s. 263–298; J. Hintikka, *Logic, Language-Games and Information*, Clarendon Press, Oxford 1972.

Liczba tych bazowych opisów możliwych światów – J. Hintikka nazywa je konstytuentami – dla języka rzędu 0 będzie wynosiła 2^K , gdzie $K = 2$, ponieważ mamy tylko dwie zmienne zdaniowe. W logice zdaniowej każde zdanie można przedstawić jako alternatywę niektórych, wszystkich lub żadnego z konstytuentów. Im więcej możliwości dane zdanie wyklucza, tym bardziej jest informatywne, im więcej zaś dopuszcza możliwości, tym jest mniej informacyjne. Jest to zgodne z tradycyjnym ujęciem tautologii jako niedającej żadnej informacji. Przykładowo zdanie $p \rightarrow q$ daje się przedstawić jako alternatywa następujących koniunkcji:

$$(P \ \& \ Q) \vee (\sim P \ \& \ Q) \vee (\sim P \ \& \ \sim Q).$$

Zdanie $P \ \& \ \sim P$ nie będzie posiadać swojego rozwinięcia. Zdanie $P \rightarrow (Q \rightarrow P)$: $(P \ \& \ Q) \vee (\sim P \ \& \ Q) \vee (\sim P \ \& \ \sim Q) \vee (\sim P \ \& \ \sim Q)$ itd.

Powyższe rozwinięcia Hintikka nazywa dystrybutywną postacią normalną (*distributive normal form*). Określenie „dystrybutywna” podkreśla istotność rozkładu – dystrybucji – egzystencjalnego kwantyfikatora. Każde zdanie Z daje się przedstawić jako alternatywę konstytuentów (bazowych opisów możliwości W):

$$Z = W_1 \vee W_2 \vee W_N.$$

Indeks N oznacza długość dystrybutywnej postaci normalnej, który w rachunku zdań może być równy 2^K (dla tautologii).

Prawdopodobieństwo czysto logiczne zdania P będzie natomiast wynosić:

$$PrL(P) = N / 2^K,$$

gdzie N = długość dystrybutywnej postaci normalnej.

A zatem, tytułem przykładu, prawdopodobieństwo logiczne zdania wynosi $PrL(P \& Q) = 0.25$, natomiast jego zawartość informacyjna będzie równa $Inf(P \& Q) = 0.75$.

2. Próba zdefiniowania informacji w językach bogatszych, np. I rzędu, rodzi poważniejsze trudności. Mniej jasne staje się np. pojęcie opisu bazowej możliwości. J. Hintikka zaproponował następującą jego eksplikację⁶. Jeśli wyobrazimy sobie monadyczny język I rzędu (bez stałych indywidualowych), zawierający zmienne indywidualowe (x, y, z), predykaty (P_1, P_2, \dots, P_n), spójniki logiczne (&, v, ~) oraz kwantyfikatory (\prod, \sum), to opisy bazowych możliwości zostaną wygenerowane z listy wszystkich rodzajów indywidualów reprezentowanych przez listę predykatów i zmiennych:

$$(\pm) P_1(x) \& (\pm) P_2(x) \& \dots \& (\pm) P_k(x)$$

Symbol „±” oznacza posiadanie (lub nie) przez indywidualum x własności P. Ich ilość zależy od liczby predykatów (k) i wynosi (z racji „wystąpienia negacji lub nie”):

⁶ J. Hintikka, *On Semantic Information* [w:] *Information and Inference*, op. cit., s. 3–28.

$$2^k = K$$

$$Q_1(x), Q_2(x), \dots, Q_K(x).$$

Przykładowo, jeśli opisujemy świat za pomocą dwóch predykatów „Czarne” i „Białe”, to będą istnieć następujące możliwe rodzaje indywiduów:

$Q_1 = x$ jest czarne i białe	$C(x) \& B(x)$
$Q_2 = x$ jest czarne i nie-białe	$C(x) \& \sim B(x)$
$Q_3 = x$ jest nie-czarne i białe	$\sim C(x) \& B(x)$
$Q_4 = x$ jest nie-czarne i nie-białe	$\sim C(x) \& \sim B(x)$.

Z powyższej listy rodzajów indywiduów (atrybutywnych konstryktów lub Q-predykatów) poprzez wskazanie, czy dany rodzaj istnieje czy też nie, tworzone są następnie opisy możliwych stanów świata (konstrykty) W:

$$W_x = \pm \sum x Q_1(x) \& \pm \sum x Q_2(x) \& \dots \& \pm \sum x Q_K(x).$$

Ilość tych opisów możliwych światów wynosi 2^K .

Przykładowo, jeśli tak jak poprzednio mamy do dyspozycji cztery rodzaje indywiduów (Q-predykatów), to bazowych możliwości (możliwych stanów świata) będzie $2^4 = 16$. Ich opisy będą wyglądać następująco:

OPIS MOŻLIWEGO ŚWIATA W_1 :

$\sum x [C(x) \& B(x)]$	ISTNIEJĄ INDYWIDUA, KTÓRE SĄ CZARNO-BIAŁE,
$\sum x [C(x) \& \sim B(x)]$	ISTNIEJĄ INDYWIDUA, KTÓRE SĄ CZARNE, ALE NIE SĄ BIAŁE,
$\sum x [\sim C(x) \& B(x)]$	ISTNIEJĄ INDYWIDUA, KTÓRE NIE SĄ CZARNE, ALE SĄ BIAŁE,
$\sum x [\sim C(x) \& \sim B(x)]$	ISTNIEJĄ INDYWIDUA, KTÓRE NIE SĄ ANI CZARNE, ANI BIAŁE.

OPIS MOŻLIWEGO ŚWIATA W_2 :

$\sim \sum x [C(x) \& B(x)]$	NIE ISTNIEJĄ INDYWIDUA, KTÓRE SĄ CZARNO-BIAŁE,
$\sim \sum x [C(x) \& \sim B(x)]$	NIE ISTNIEJĄ INDYWIDUA, KTÓRE SĄ CZARNE, ALE NIE SĄ BIAŁE,
$\sim \sum x [\sim C(x) \& B(x)]$	NIE ISTNIEJĄ INDYWIDUA, KTÓRE NIE SĄ CZARNE, ALE SĄ BIAŁE,
$\sim \sum x [\sim C(x) \& \sim B(x)]$	NIE ISTNIEJĄ INDYWIDUA, KTÓRE NIE SĄ ANI CZARNE, ANI BIAŁE.

I tak dalej, aż opiszemy 16 możliwych stanów świata.

Sytuacja ta jest identyczna jak w przypadku rachunku zdań. Tam każda niesprzeczna formuła tego języka daje się przetłumaczyć na alternatywę koniunkcji zawierających jedynie formułę atomową lub jej negację. Wyrażenie to stanowi „dystrybutywną postać normalną”. Im jest ona dłuższa, tym bardziej zdanie jest „czysto logicznie” prawdopodobne. Różnica z rachunkiem zdań

tkwi w „sposobie liczenia mianownika” – wszystkich bazowych możliwości lub konstytuentów.

3. Sytuacja jest bardziej skomplikowana, jeżeli dopuścimy używanie predykatów wieloargumentowych. W takiej sytuacji zawartość informacyjna będzie również zależna od ilości indywidualów we wzajemnych relacjach czy też nieco inaczej ilości powłok kwantyfikatorskich⁷.

$$\sum x \sum y \sum z Q_1(x,y,z) \ \& \ \dots \ \sum x \sum y \sum z Q_k(x,y,z)$$

2. Paradoks falsyfikacjonizmu

1. Mając tak zdefiniowaną zawartość informacyjną, łatwiej jest nam zrozumieć ideę falsyfikowalności, którą K.R. Popper przedstawił następująco:

(...) nie wymagam, by jakiś system naukowy można było wybrać raz na zawsze w sensie pozytywnym, wymagam natomiast, by miał on taką formę logiczną, aby testy empiryczne pozwalały na decyzję w sensie negatywnym: musi być możliwe obalenie empirycznego systemu naukowego przez doświadczenie. Zatem zdania „Jutro będzie tu padało lub nie będzie padało” nie uznamy za empiryczne po

⁷ Por. J. Hintikka, *Surface and Depth Information*, *op. cit.* Zmienia się w szczególności sposób pomiaru informacji, punktem odniesienia są tautologie o określonej ilości powłok kwantyfikatorskich.

prostu dlatego, że nie można go obalić, natomiast uznamy za empiryczne zdanie „Jutro będzie tu padało”⁸.

K.R. Popper utożsamia zatem stopień falsyfikowalności z wysoką zawartością informacyjną. Jeśli mamy zatem dwa zdania atomowe:

D: JUTRO BĘDZIE PADAŁ DESZCZ

S: JUTRO BĘDZIE ŚWIECIĆ SŁOŃCE,

to istnieją cztery możliwe stany świata:

W_1	D & S	JUTRO BĘDZIE PADAŁ DESZCZ I JUTRO BĘDZIE ŚWIECIĆ SŁOŃCE
W_2	$\sim D$ & S	JUTRO NIE BĘDZIE PADAŁ DESZCZ I JUTRO BĘDZIE ŚWIECIĆ SŁOŃCE
W_3	D & $\sim S$	JUTRO BĘDZIE PADAŁ DESZCZ I JUTRO NIE BĘDZIE ŚWIECIĆ SŁOŃCE
W_4	$\sim D$ & $\sim S$	JUTRO NIE BĘDZIE PADAŁ DESZCZ I JUTRO NIE BĘDZIE ŚWIECIĆ SŁOŃCE.

Zdanie JUTRO BĘDZIE PADAŁ DESZCZ LUB JUTRO NIE BĘDZIE PADAŁ DESZCZ będzie miało zatem $Inf(D \vee \sim D) = 0$.

2. Kryterium falsyfikowalności generuje jednak paradoksy. Najwyższą zawartość informacyjną mają bowiem zdania wykluczające jak najwięcej możliwości (padania deszczu i niepadania,

⁸ K.R. Popper, *Logika odkrycia naukowego*, Aletheia, Warszawa 2002, s. 40.

świecenia słońca i nieświecenia itd.). Najprostszym sposobem na zwiększenie wartości poznawczej byłoby postulowanie nowych bytów bez troski o to, czy w ogóle istnieją. W rachunku zdań – w powyższym przykładzie – zamiast deszczu można by wprowadzić „mżawkę”, „ulewę”, „kwaśny deszcz” itp.

W monadycznych językach I rzędu preferowane byłyby teorie zawierające dużą ilość predykatów, natomiast w językach I rzędu z relacjami – dodatkowo – najbardziej pożądane byłyby teorie paranoiczne. Im więcej bowiem zdanie uwzględnia indywidualów we wzajemnych relacjach, tym jego zawartość informacyjna jest wyższa:

$$\sum t \sum u \sum v \sum w \sum x \sum y \sum z Q_1(t, u, v, w, x, y, z) \ \& \ \sum t \sum u \sum v \sum w \sum x \sum y \sum z Q_k(t, u, v, w, x, y, z).$$

Jest to inny sposób sformułowania powszechnie znanej własności falsyfikacjonizmu. Lekceważąc prawdopodobieństwo, jest w stanie zaakceptować dowolną teorię, nieważne jak niewiarygodną, byleby była „głęboka” – postulowała istnienie nietypowych bytów i ukazywała ich nietypowe powiązania.

3. Paradoks konfirmacjonizmu

O ile falsyfikacjonizm preferuje twierdzenia o wysokiej zawartości informacyjnej, konfirmacjonizm – uznając prawdopodobieństwo (*Pr*) za jedyną miarę wartości poznawczej – lekceważy strukturę logiczną i faworyzuje tautologie.

$$Pr [(D \& S) \vee (\sim D \& S) \vee (D \& \sim S) \vee (\sim D \& \sim S)] = 1.$$

Powyższa „prognoza pogody” jest trywialna. Sprowadza się do stwierdzenia „będzie padało lub nie” i zostanie potwierdzona przez dowolne świadectwo. Im dłużej stosowalibyśmy zabieg Bayesowskiego warunkowania do instytutu meteorologicznego produkującego tego rodzaju prognozy, tym jego wiarygodność byłaby wyższa. Konfirmacjonista mógłby się bronić, stosując różne miary stopnia potwierdzenia⁹, np.:

$$Pr(A|E) - Pr(A).$$

Taki sposób koncentruje się nie tyle na „absolutnym” wysokim prawdopodobieństwie A, ile raczej na różnicy pomiędzy prawdopodobieństwem uprzednim $Pr(A)$ oraz prawdopodobieństwem następczym $Pr(A|E)$, tj. po uzyskaniu świadectwa E. Tautologie i zdania – pod względem zawartości informacyjnej – „dążące do tautologiczności” miałyby w takim wypadku niską wartość poznawczą tylko pod jednym warunkiem. Prawdopodobieństwo uprzednie musiałyby wynikać z ich prawdopodobieństwa „czysto logicznego” (PrL). Wracamy jednak do punktu wyjścia. Prawdopodobieństwo samodzielnie, podobnie jak zawartość informacyjna, jest niewystarczającą miarą wartości poznawczej.

⁹ Por. H.E. Kyburg Jr., *Recent Work in Inductive Logic*, „American Philosophical Quarterly” 1964, 4, s. 257. Artykuł przedstawia rozmaite propozycje pomiaru stopnia konfirmacji.

4. Paradoks abdukcjonizmu

1. Zanim zostanie omówiony sposób ominięcia powyższych paradoksów, należy odnieść się do kryteriów abdukcyjnych. Moc wyjaśniająca czy też zdolność rozstrzygania problemów stały się w ostatnich latach niezwykle popularne w filozofii nauki. Ich zasadniczy problem stanowi jednak samo zdefiniowanie kryterium mocy wyjaśniającej. Jakakolwiek próba odwołania się do pojęcia prawdopodobieństwa wikła te koncepcje w problemy konfirmacjonizmu. Z drugiej strony niektórzy zwolennicy abdukcjonizmu traktują tę koncepcję jako korektę falsyfikacjonizmu¹⁰. Niezależnie od sposobu wyrażenia tego kryterium (użytej logiki) idea sprowadza się do porównania treści poszczególnych hipotez. Ideę tę można wyrazić w ramach informacji semantycznej. Wartość wyjaśnienia deszczu pochmurnością, czyli $Expl(P|D)$, będzie różnicą zawartości informacyjnej D i prawdopodobieństwa „czysto logicznego” tego wyjaśnienia:

$$Expl(P|D) = Inf(D) - [1 - PrL(P|D)].$$

Odpowiedź „(...) ponieważ pada dzisiaj deszcz” na pytanie „Dlaczego dzisiaj pada deszcz?” ma niską zawartość informacyjną. Odwołanie się do pochmurnego nieba (P), czy jeszcze lepiej pochmurnego nieba i odpowiedniej masy wody w chmurach (P&M), zmniejsza moją niepewność:

¹⁰ Por. A. Grobler, *Metodologia nauk*, Znak, Kraków 2006, s. 133.

$$\text{Expl}(P \& M|D) > \text{Expl}(P|D) > \text{Expl}(D|D).$$

Zawartość informacyjna zbudowanego wyjaśnienia jest tym większa, im hipoteza odwołuje się do możliwie największej liczby faktów i jest bardziej „konkretna”.

2. Koncepcje abdukcyjne, jeżeli traktujemy je jako kontynuację falsyfikacjonizmu – i wyrażamy poprzez porównanie zawartości informacyjnej – dzielą z nim wspomniane już paradoksy. Możemy łatwo wyobrazić sobie doskonale wyjaśnienia sytuacji pogodowej odwołujące się do działań kosmitów albo spisku rządu światowego, który kontroluje pogodę za pomocą nowoczesnej technologii. Taki *explanans* miałby skomplikowaną, wysoce informacyjną formę:

$$\text{Expl}(A_1 \& A_2 \& A_3 \& A_4 \& A_5 \& A_6 \& A_7 \& A_8 \& A_9 \& A_{10} \& \dots |D).$$

Wyjaśnienie takie byłoby jednak zupełnie nieprawdopodobne. Dylemat konfirmacjonizm vs. falsyfikacjonizm odnawia się zatem przy próbie eksplikacji koncepcji abdukcyjnych.

5. Oczekiwana zawartość informacyjna jako potencjalne kryterium demarkacji

1. Wybór pomiędzy prawdopodobieństwem a zawartością informacyjną nie jest wyborem tragicznym. Możemy mieć jedno i drugie. Zwrócił na to uwagę ponad pół wieku temu Y. Bar-Hillel:

Prima facie, it seems indeed as if high informative content is incompatible with high probability. (...) The situation seems to be, however, simply this: A 'good' hypothesis is one that has high initial (or absolute) informative content, hence a low initial confirmation, in Carnap's sense, but a high degree of confirmation, in Carnap's sense, relative to the total available evidence (...) ¹¹.

Te dwie miary – tj. prawdopodobieństwo rozumiane jako częstość i zawartość informacyjna – nie są z sobą skorelowane. Możemy mieć do czynienia z czterema skrajnymi rozkładami wartości poznawczej:

1. WYSOKA ZAWARTOŚĆ INFORMACYJNA I NISKIE PRAWDOPODOBIEŃSTWO.
2. WYSOKA ZAWARTOŚĆ INFORMACYJNA I WYSOKIE PRAWDOPODOBIEŃSTWO.
3. NISKA ZAWARTOŚĆ INFORMACYJNA I NISKIE PRAWDOPODOBIEŃSTWO.
4. NISKA ZAWARTOŚĆ INFORMACYJNA I WYSOKIE PRAWDOPODOBIEŃSTWO.

¹¹ Y. Bar-Hillel, *Comments on 'Degree of Confirmation' by Professor K.R. Popper*, „The British Journal for the Philosophy of Science” 1953, 22, s. 155–157.

Przykładem dla przypadku nr 1 może być jednoznaczna prognoza („Będzie padał deszcz”) dla obszaru, na którym deszcze występują bardzo rzadko. Przypadek nr 2 to jednoznaczna prognoza o pogodzie deszczowej dla obszaru, na którym często taka się pojawia. Przypadek nr 3 to przypadek niekonkretnej prognozy, która mimo wszystko dla danego obszaru się nie sprawdzi (np. „Będzie padał grad lub będzie padał śnieg lub będzie mżawka” dla obszaru pustynnego, na którym cały czas świeci słońce). Przypadek nr 4 może być zilustrowany przykładem prognozy niekonkretnej, nieomal tautologicznej, dzięki czemu prawdopodobieństwo jej spełnienia jest wysokie (np. „Będzie padało lub nie” dla obszaru Polski).

2. Z powyższych powodów w ramach fińskiej szkoły w filozofii nauki zaproponowano posługiwanie się prawdopodobieństwem i zawartością empiryczną jednocześnie. Wykorzystywane jest do tego celu pojęcie oczekiwanej zawartości informacyjnej¹²:

$$\Pr(A) * \text{Inf}(A) - \Pr(\sim A) * \text{Inf}(\sim A).$$

Załóżmy, że w naszym świecie mamy tylko dwa możliwe scenariusze: pada deszcz (D) lub nie ($\sim D$). Zawartość informacyjna każdego ze zdań wynosi $\text{Inf} = 0.5$. Jeśli przez połowę roku pada (tj. $\Pr(D) = 0,5$), to prognoza „będzie padało” będzie bezwartościowa poznawczo:

¹² Por. I. Niiniluoto, *Scientific Progress*, „Synthese” 1980, 45, s. 427–464; J. Hintikka, *On Semantic Information*, *op. cit.*

$$Pr(D) * Inf(D) - Pr(\sim D) * Inf(\sim D) = 0.5 * 0.5 - 0.5 * 0.5 = 0.$$

Jeżeli jednak Pr byłyby inne, np. przez 3/4 roku padałby deszcz, wartość poznawcza prognozy byłaby dodatnia.

3. Informacja może zatem odgrywać rolę użyteczności w decyzjach poznawczych. Z tego punktu widzenia konfirmacjonizm i falsyfikacjonizm stanowią dwie strony tego samego medalu. Koncepcje te są wadliwe nie tylko ze względu na faworyzowanie teorii nieprawdopodobnych bądź pustych treściowo. Celowo jako przykłady paradoksów zostały wybrane skrajne rozkłady wartości poznawczej. Rdzeń problemu sprowadza się do tego, że zarówno wysoka zawartość informacyjna, jak i wysokie prawdopodobieństwo nie korelują z sobą¹³. Posługując się metaforą loterii, możemy powiedzieć, że falsyfikacjoniści preferowaliby zakłady o wysokiej wygranej, niezależnie od prawdopodobieństwa jej zdobycia, konfirmacjoniści zadowaliliby się natomiast niskimi wygranymi, byleby ich prawdopodobieństwo było wysokie. Wartościowa teoria potrzebuje uwzględnić obydwa te wymiary: musi mieć wysoką zawartość informacyjną i wysokie prawdopodobieństwo. Odwołanie się do teorii decyzji nie należy jednak traktować tylko w kategoriach metafory. Dzięki informacji rozumianej jako użyteczność

¹³ Wbrew zwolennikom tzw. teorii komunikacji, np. C. Shannon. Polemikę z teorią komunikacji zawiera: Y. Bar-Hillel, R. Carnap, *Semantic Information*, *op. cit.*

epistemiczna otwiera się perspektywa „teorii decyzji poznawczych”¹⁴.

Przedstawiona wyżej dodatnia oczekiwana zawartość informacyjna pozwala na przykład wskazać „informacyjne kryterium demarkacji nauki i pseudonauki”. Teorie pseudonaukowe będą miały bowiem (globalnie) ujemną zawartość informacyjną. Nie jest to jednak jedyne zastosowanie. W procesie poznawczym nieustannie podejmujemy decyzje. Zwiększenie oczekiwanej zawartości informacyjnej może odbywać się zarówno poprzez pozyskiwanie nowych świadectw (zwiększanie prawdopodobieństwa poszczególnych możliwych stanów świata bądź eliminacja niektórych z nich) lub poprzez przeformułowanie danej teorii. Postulując istnienie nowych bytów, zmieniając konstrukcję logiczną naszego opisu świata, dotychczasowe badania empiryczne uzyskują inną wartość poznawczą. W niektórych sytuacjach sukces nauki może zatem polegać na zbudowaniu konstrukcji matematycznej lepiej opisującej dotychczasowe dane, w innych przypadkach będzie wynikiem eksperymentu pokazującego istnienie dotąd tylko postulowanego bytu.

4. Problem decyzji poznawczych prowadzi nas do zagadnienia niewspółmierności teorii naukowych. Niewspółmierność nie została przez Thomasa Kuhna zdefiniowana w sposób zadowa-

¹⁴ Por. M. Kaplan, *Decision Theory as Philosophy*, Cambridge University Press, Cambridge–New York 1996, s. 75 i nast. Użyteczność epistemiczna pomimo „bycia w obiegu” nie doczekała się właściwej definicji.

lający. Pojęcie to samo w sobie jest niejasne. Przyjmijmy jednak, że niewspółmierność polega na próbie opisu tej samej sfery zjawisk odmiennym zestawem pojęć. Rozpatrzmy słaby przypadek niewspółmierności, który posłuży zarazem do pomiaru wartości poznawczej teorii konkurencyjnych.

Załóżmy, że mamy dwie „teorie pogodowe”. Tam gdzie pierwsza (T_1) widzi deszcz (D) lub jego brak ($\sim D$), tam druga (T_2) widzi mżawkę (M), ulewę (U) oraz świecące słońce (S). Deszcz pada w roku z $Pr(D) = 0.3$, mżawka $Pr(M) = 0.1$, a ulewa $Pr(U) = 0.2$. Informacjonizm – wbrew radykalnym zwolennikom niewspółmierności, a zgodnie z L. Laudanem¹⁵ – stoi na stanowisku, że pomimo odmiennego języka opisu możemy porównywać oczekiwaną zawartość informacyjną prognoz.

Zawartość informacyjna zdania D w T_1 wynosi 0.5. W takiej sytuacji za pomocą T_1 uzyskujemy prognozy o padającym deszczu mające ujemną oczekiwaną zawartość informacyjną. Globalnie T_1 ma natomiast zerową oczekiwaną zawartość informacyjną:

$$T_1: Pr(D) * Inf(D) - Pr(\sim D) * Inf(\sim D) = 0.3 * 0.5 - 0.7 * 0.5 = 0.15 - 0.35 = -0.2$$

$$T_1: Pr(\sim D) * Inf(\sim D) - Pr(D) * Inf(D) = 0.7 * 0.5 - 0.3 * 0.5 = 0.35 - 0.15 = 0.2.$$

Rozkład możliwych stanów świata dla T_2 przedstawia się następująco:

¹⁵ L. Laudan, *Science and its...*, *op. cit.*

W_1	$M \& U \& S$
W_2	$\sim M \& U \& S$
W_3	$M \& \sim U \& S$
W_4	$M \& U \& \sim S$
W_5	$\sim M \& \sim U \& S$
W_6	$M \& \sim U \& \sim S$
W_7	$\sim M \& U \& \sim S$
W_8	$\sim M \& \sim U \& \sim S$

Oczekiwana zawartość informacyjna tylko dla „świecenia słońca” ($W_5 = \sim M \& \sim U \& S$):

$$T_2: Pr(W_5) * Inf(W_5) - Pr(\sim W_5) * Inf(\sim W_5) = 0.7 * 7/8 - 0.3 * 1/8 = 49/80 - 3/80 = 46/80.$$

Tylko mżawki ($W_6 = M \& \sim U \& \sim S$):

$$T_2: Pr(W_6) * Inf(W_6) - Pr(\sim W_6) * Inf(\sim W_6) = 0.1 * 7/8 - 0.9 * 1/8 = 7/80 - 9/80 = -2/80.$$

Tylko dla ulewy ($W_7 = \sim M \& U \& \sim S$):

$$T_2: Pr(W_7) * Inf(W_7) - Pr(\sim W_7) * Inf(\sim W_7) = 0.2 * 7/8 - 0.8 * 1/8 = 14/80 - 8/80 = 6/80.$$

Powód, dla którego warto posługiwać się T_2 o bogatszym opisie świata, jest zatem – z punktu widzenia informacjonizmu – oczywisty. Globalnie jak i lokalnie oczekiwana zawartość informacyjna T_2 jest wyższa od T_1 . Konfirmacjonizm byłby bezradny wobec wyboru którejś z teorii, ponieważ rozkład prawdopodobieństwa nie zmieniłby się. Falsyfikacjonizm „ślepo” zaufałby T_2 jako postulującej (w miejsce deszczu) głębszy opis obejmujący

jący mżawkę oraz ulewę. Przykład, rzecz jasna, zawiera cały szereg uproszczeń¹⁶. Pokazuje jednak, że szafowanie określeniem „pseudonauka” wymaga bardzo dokładnego wniknięcia w strukturę formalną danej teorii i analizę badań empirycznych, które ją wspierają¹⁷.

5. Oczywiście kryterium zaproponowane w ramach fińskiej filozofii nauki, a antycypowane przez Carnapa i Bar-Hillela, nie rozwiązuje wszystkich problemów związanych z kryterium demarkacji nauki i pseudonauki. Ujemna oczekiwana zawartość informacyjna niewątpliwie obala „domniemanie niewinności” danej teorii, nie przesądza jednak o jej dożywotnim skazaniu na miano pseudonaukowej. Taki werdykt może zmusić jej obrońców albo do „teoretycznej przebudowy”, albo sięgnięcia po nowe dane empiryczne. Jest to zatem kryterium negatywne. Z drugiej strony dodatnia oczekiwana zawartość informacyjna może być efektem skonstruowania nowej, mocnej teorii, dla której brakuje jeszcze wystarczających badań empirycznych. Pośród teorii mających dodatnią zawartość informacyjną będzie istnieć całe spektrum teorii. Nie eliminuje to całkowicie elementów pragmatycznych przy ich wyborze. Możemy dysponować dwoma teoriami o globalnie zbliżonej oczekiwanej zawartości informacyjnej, które „lokalnie” –

¹⁶ Chociażby w odniesieniu do braku powiązań pomiędzy zdaniem atomowymi.

¹⁷ Z tego powodu pogląd K.R. Poppera w sprawie freudyzmu i marksizmu nie może być uznany za uzasadniony.

w odniesieniu do poszczególnych stanów świata – mogą znacznie się różnić (np. niektóre będą świetnie przewidywać mżawkę, inne ulewę itp.).

Podsumowanie

Dylemat konfirmacjonizm vs. falsyfikacjonizm jest fałszywy. Potrzebujemy zarówno prawdopodobieństwa, jak i zawartości informacyjnej. Obydwie miary mają swoje głębokie, filozoficzne korzenie. Opierają się na odróżnieniu tego, co formalne, od tego, co realne; tego, co analityczne, od tego, co syntetyczne. Nasze teorie muszą posiadać powiązanie z rzeczywistością (prawdopodobieństwo) i adekwatnie odzwierciedlać jej głęboką strukturę (informacja). Koncepcje odwołujące się do kryterium mocy wyjaśniającej w ostatecznym rachunku muszą rekonstruować je na podstawie informacji bądź prawdopodobieństwa. Nie stanowią autentycznej „trzeciej drogi”. Jest nią informacjonizm. Oczekiwana zawartość informacyjna (odpowiednia kombinacja prawdopodobieństwa i zawartości informacyjnej) może być miarą użyteczności epistemicznej. Dążąc do jej maksymalizacji, potrzebujemy niekiedy postępu teoretycznego – nowych konstrukcji formalnych, postulujących istnienie nieznanych dotąd bytów – a czasami sukcesu empirycznego, np. odkrycia bytów istniejących dotąd jedynie na papierze.

Bibliografia

- Y. Bar-Hillel, *Comments on 'degree of confirmation' by professor K. R. Popper*, „The British Journal for the Philosophy of Science” 1953, 22, s. 155–157.
- Y. Bar-Hillel, R. Carnap, *Semantic information*, „The British Journal for the Philosophy of Science” 1953, 14, s. 147–157.
- S. Fuller, *The demarcation of science: a problem whose demise has been greatly exaggerated*, „Pacific Philosophical Quarterly” 1985, 66, s. 329–341.
- A. Grobler, *Metodologia Nauk*, Znak, Kraków 2006.
- J. Hintikka, *Logic, language – games and information*, Claredon Press, Oxford 1972.
- J. Hintikka, *On semantic information* [w:] J. Hintikka, P. Suppes (red.), *Information and inference*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht 1970, s. 3–28.
- J. Hintikka, *Surface and depth information* [w:] J. Hintikka, P. Suppes (red.), *Information and inference*, D. Reidel Publishing Company, Dordrecht 1970, s. 263–298.
- M. Kaplan, *Decision Theory as Philosophy*, Cambridge University Press 1996.
- H.E. Kyburg Jr., *Recent work in inductive logic*, „American Philosophical Quarterly” 1964, 4, s. 249–287.
- L. Laudan, *Progress and Its Problems: Toward a Theory of Scientific Growth*, Routledge and Kegan Paul, London 1977.

- L. Laudan, *The demise of the demarcation problem* [w:] R.S. Co-
han, L. Laudan (red.), *Physics, Philosophy, and Psychoanaly-
sis*, Reidel, Dordrecht 1982, s. 111–127.
- I. Niiniluoto, *Scientific Progress*, „Synthese” 1980, 45, s. 427–464.
- K.R. Popper, *Logika odkrycia naukowego*, Aletheia, Warszawa
2002.

Idea emergencji – zarys ogólny

Tomasz Maziarka
Uniwersytet Papieski Jana Pawła II

The Idea of Emergence – an Overview

Abstract

This article has an introductory character and systematizes the topic. It introduces the idea of emergence which is currently enjoying something of a renaissance and aims to bring order to the terminology associated with this idea. The article concerns the very beginning of the formation of emergentism and its intuitive understanding. It also presents the main concepts of representative authors of emergentism (S. Alexander, CL Morgan, Ch. D. Broad) as well as the numerous characteristics of emergence (synchronic and diachronic emergence, weak and strong emergence). The article concludes with a systematization of meanings and contexts in which the concept of emergence occurs.

Keywords:

emergence, emergentism, dynamic systems, causality, mind-body problem. downward causation

1. Pojęcie emergencji

Polskie słowo „emergencja” pochodzi od łacińskiego terminu ‘*emergeo, emergere*’¹, które oznacza: „wyłanian się”², „powstają”. Intuicyjnie emergencja oznacza powstanie jakościowo nowych własności, form i zachowań z oddziaływania pomiędzy prostszymi elementami. Dana własność systemowa – „emergent”, istnieje na wyższym systemowym poziomie organizacji względem własności i procesów wewnątrzsystemowych, stanowiących „bazę emergencji”. Potoczne określenie tego zjawiska wyraża się stwierdzeniem, że „całość jest czymś więcej aniżeli sumą swoich części”. Fenomen określa się jako emergentny, jeśli nie można go wyrazić, opisując jedynie jego części składowe. Nawet najbardziej kompletna wiedza na temat elementów danego układu jest niewystarczająca do przewidzenia własności charakterystycznych dla całości obiektu³.

¹ Rzymianie używali tego słowa dla określenia czegoś niespodziewanego: „In imagine de classe quae ex improviso apparet”.

² Angielski termin ‘*emergence*’ został zaczerpnięty z łaciny w XVI wieku na oznaczenie „wynurzenia się” i przyjął szersze znaczenie dla wyrażenia czegoś pojawiającego się niespodziewanie. Stąd też pogotowie ratunkowe służące w niespodziewanych wypadkach przyjęło nazwę „*emergency*” (por. W. Korohoda, *Mysli i opinie wybranych przyrodników o emergencji i redukcjonizmie w biologii* [w:] M. Heller, J. Mączka (red.), *Struktura i emergencja*, PAU–OBI-Biblos, Kraków–Tarnów 2006, s. 161–172).

³ Por. R. Poczobut, *System – struktura – emergencja* [w:] M. Heller, J. Mączka (red.), *Struktura..., op. cit.*, s. 11–38.

Przykładów emergencji dostarcza przejrzysta charakterystyka przedstawiona przez Terry'ego Deacona⁴. Zauważa on, że dynamiczne systemy złożone są zdolne do spontanicznego przeobrażenia się w uporządkowane formy zachowania. Usiłując uporządkować bogactwo przypadków, wyróżnia trzy stopnie emergencji.

Emergencja pierwszego stopnia polega na pojawianiu się nowych własności w agregatach, które nie były obecne w poszczególnych częściach. Za przykład mogą posłużyć cząsteczki wody, które wspólnie tworzą własności cieczy. Własności wody są czymś więcej aniżeli tylko sumą własności atomów wodoru i tlenu. Zarówno wodór, jak i tlen wzięte z osobna są bezbarwnymi i bezwonnymi gazami, natomiast kiedy w odpowiedniej proporcji łączą się razem (H_2O), to wtedy wyłaniają się nowe własności: woda jest już cieczą, a nie gazem, może przyjmować trzy różne stany skupienia, posiada zdolność przenoszenia fali, jak też charakterystyczną cechę „mokrości”. Gęstość wody jest kilka tysięcy razy większa od gazu.

Emergencja drugiego stopnia dotyczy zaburzeń, które wchodzi z układem w relację przyczynową. Za przykład może posłużyć formowanie się płatków śniegu. Określona temperatura i wilgotność pojawiająca się podczas spadania płatka śniegu pozostawiają swój ślad w jego strukturze. Cechy strukturalne są

⁴ T. Deacon, *The Hierarchic Logic of Emergence: Untangling the Interdependence or Evolution and Self-Organization* [w:] H. Bruce et al. (red.), *Evolution and Learning: The Baldwin Effect Reconsidered*, MIT Press, Cambridge 2003, s. 273–308.

gromadzone w taki sposób, że mają one wpływ na dalszy proces tworzenia się kryształu. Występujące tu sprzężenie zwrotne jest cechą charakterystyczną tego typu emergencji. Emergencja drugiego stopnia jest spotykana również w tzw. samopilotujących się systemach.

Dla *emergencji trzeciego stopnia* charakterystyczne są nie tylko forma i struktura, ale również *informacja i pamięć*. Klasyycznym przykładem emergencji trzeciego stopnia są samoreprodukujące się komórki. Zapamiętują one informację potrzebną do własnej reprodukcji. Informacja przechowywana wewnątrz komórki pozwala jej funkcjonować jako odrębnej jednostce w środowisku, w którym działają prawa selekcji naturalnej. Jeśli komórka istnieje w otoczeniu korzystnym dla siebie, dokona większej reprodukcji niż jej konkurenci. Komórka staje się swego rodzaju „hipotezą” na temat tego, w jaki sposób przetrwać i rozmnożyć się w danym środowisku. Deacon opisuje ten proces jako rodzaj „samoodniesienia” (*self-reference*). Jego zdaniem, procesy przebiegające na poziomie istot żywych domagają się wprowadzenia takich pojęć, jak: reprezentacja, adaptacja, informacja i funkcja. Wprowadzając elementy semiotyki zaczerpnięte od Charlesa Sandersa Peirce’a, Deacon twierdzi, że komórka jest interpretatorem świata: istnieje w informacyjno-mediacyjnej relacji względem swego środowiska.

2. Geneza pojęcia emergencji

Termin ‘emergencja’ został wprowadzony do języka technicznego w latach siedemdziesiątych XIX wieku przez George’a a Henry’ego Lewesa⁵. Uczony ten odwołał się do rozróżnienia wprowadzonego przez Johna Stuarta Milla, dotyczącego sumowania łącznie działających przyczyn. Mill w jeden z rozdziałów *Systemu logiki*⁶, zajmując się zagadnieniem „składania przyczyn”, postawił sobie następujące pytanie: jaki jest możliwy łączny skutek kilku razem działających „przyczyn składowych”? Odróżnił wtedy skutki oraz odpowiadające im prawa, które nazywa „homopatycznymi”, od skutków i praw „heteropatycznych”. Zgodnie z powyższym rozróżnieniem, przyczyny (siły) mechaniczne mogą zostać nazwane „homopatycznymi”, gdyż są addytywne. Wspólny skutek jest prostą *sumą* możliwych skutków oddzielnych, a prawa rządzące oddzielnymi przyczynami i skutkami nie ulegają modyfikacji w trakcie współdziałania kilku różnych przyczyn. Przykładem takiej sytuacji jest ruch ciała pod wpływem siły wypadkowej, będącej sumą wektorową kilku sił składowych. „Heteropatyczne” skutki i prawa nie spełniają warunków sumowania

⁵ G.H. Lewes, *Problems of Life and Mind*, Kegan Paul, Trench, Turner & Co., London 1875.

⁶ J.S. Mill, *A System of Logic*, Longmans, London 1843; [przedruk w:] J. Robson (red.), *Collected Works*, vol. 7, t. I, Toronto 1962, s. 575–580; przekład polski: J.S. Mill, *System logiki*, przeł. Cz. Znamierowski, PWN, Warszawa 1962.

i braku modyfikacji praw. Za przykład może posłużyć zmiana różnych własności fizykochemicznych substancji w wyniku zachodzenia reakcji chemicznej. Na przykład wodór i tlen są w warunkach atmosferycznych gazami, a otrzymana w wyniku złączenia ich atomów woda jest cieczą. Pęcherzyk komórkowy (*vesicle*), który powstaje na zasadzie samoorganizacji, posiada własności nieobecne w żadnym ze swoich elementów z osobna. Ogólnie rzecz ujmując, przypadki „homopatyczne” dotyczą mechanicznego składania sił, zaś „heteropatyczne” są znamienne dla procesów chemicznych i biologicznych. Tak więc emergencja w sensie Milla to niemożliwość wyznaczenia pewnej wielkości związanej z łącznym skutkiem działających razem przyczyn na podstawie określonej, stosunkowo prostej zasady składania tych wielkości. Lewes, przyjmując rozróżnienie Milla, zastosował własną terminologię. Odróżnił klasę skutków „wypadkowych” (*resultans*) od klasy skutków „emergentnych” (*emergents*). W drugiej klasie przypadków zachodzi „emergentne” składanie przyczyn. W ten sposób termin ‘emergencja’ uzyskał swoje pierwsze, techniczne określenie⁷. Emergencja to *niesumowalność* wielkości w przypadku „składania przyczyn”.

⁷ Szersze opracowanie dotyczące historii pojęcia emergencji można znaleźć w: S. Achim, *Emergence – A Systematic View on Its Historical Aspects* [w:] A. Beckermann et al. (red.), *Emergence or Reduction? Essays on the Prospects of Nonreductive Physicalism*, Walter de Gruyter, Berlin 1992, s. 25–48.

W pracach Milla i Lewesa „emergencja” jest związana również z inną doniosłą cechą, a mianowicie *nieprzewidywalnością* wystąpienia określonej wielkości lub własności⁸. Emergentne skutki są nieprzewidywalne przed swoim pierwszym wystąpieniem, chociaż mogą być przewidziane *ex post*. Nieprzewidywalność wynika z prostego faktu, do przewidzenia emergentnego skutku nie wystarcza znajomość praw rządzących zachowaniem części danego układu ani nawet znajomość praw homeopatycznych. Dodatkowo konieczna jest znajomość praw heteropatycznych, czyli „prawa emergencji”, a te nie istnieją na poziomie izolowanych części danego układu⁹.

3. Prekursorzy emergentyzmu

W opinii współczesnego teoretyka emergencji Philipa Claytona¹⁰, prekursorami emergentyzmu byli już Arystoteles i Plotyn. Zapowiedzią tej idei miałyby być u Arystotelesa takie pojęcia jak *entelechia* oraz przyczynowość formalna, zaś w przypadku Plotyna – hierarchiczna koncepcja bytu. Do póź-

⁸ Por. W. Strawiński, *Jedność nauki, redukcja, emergencja*, Fundacja Aletheia, Warszawa 1997, s. 171–172.

⁹ Por. R. Poczobut, *Między redukcją a emergencją*, Monografie FNP, Wrocław 2009, s. 86–89.

¹⁰ Por. Ph. Clayton, *Conceptual Foundations of Emergence Theory* [w:] Ph. Clayton, P.C.W. Davies (red.), *The Re-Emergence of Emergence: The Emergentist Hypothesis from Science to Religion*, Oxford University Press, Oxford 2008, s. 5–6).

niejszych twórców mających wpływ na rozwój emergentyzmu w XX wieku Clayton zalicza m.in. Georga Wilhelma Hegla (metafizyka stawania się), Henriego Bergsona (ewolucja twórcza) i Alfreda Northa Whiteheada (filozofia procesu).

Złoty okres emergentyzmu przypadł na lata dwudzieste XX wieku. Ukształtowały się wtedy koncepcje zaliczane do nurtu „emergencyjnego ewolucjonizmu”, będące reakcją na Darwinowską teorię ewolucji i znajdujące swój wyraz w systemach trzech Brytyjczyków: Samuela Alexandra, Conwy’ego Lloyda Morgana i Charlesa Dunbara Broada. Twórczość klasyków emergentyzmu przyczyniła się do wyłonienia kolejnych znaczeń terminu ‘emergencja’. Z ideą tą zostały sprzężone takie pojęcia, jak: zasadnicza *nowość*, *nieprzewidywalność* i *nieredukowalność*.

Jedną z wersji ewolucji emergentnej przedstawił Samuel Alexander. Autor *Space, Time and Deity*¹¹ zauważa, że wszechświat ewoluuje w kierunku coraz większej złożoności, która osiągając pewne poziomy krytyczne, prowadzi do emergencji zasadniczo *nowych* własności. Aleksander przyjmuje cztery etapy ewolucji: 1) czas i przestrzeń prowadzą do emergencji materii; 2) zorganizowana materia umożliwia wyłonienie się życia; 3) procesy biologiczne warunkują zaistnienie świadomości; 4) zorganizowany umysł doprowadza do wyłonienia się boskości.

Bardzo wpływowym przedstawicielem brytyjskiego emergentyzmu był Conwy Lloyd Morgan. Jako biolog z wykształ-

¹¹ Macmillan, London 1920.

cenia akceptował postulat metodologicznego naturalizmu, jednakże jako metafizyk dążył do konstrukcji takiego obrazu świata, który stanowiłby syntezę nauki, filozofii i religii. Swoje poglądy dotyczące ewolucji emergentnej przedstawił w pracach: *Emergent Evolution* (1923), *Live Spirit and Mind* (1926) oraz *The Emergence of Novelty* (1933). Morgan zauważa, że: 1) w biegu ewolucji wyłaniają się ciągle nowe poziomy (czy też porządki) rzeczywistości; 2) własności emergentne odpowiadają za jakościową nieciągłość procesu ewolucyjnego; 3) emergenty wyłaniają się w sposób *nieprzewidywalny* i nie są możliwe do uchwycenia nawet na podstawie zupełnej wiedzy dotyczącej poprzedzających je zdarzeń, składników systemu oraz praw rządzących zachowaniem składników; 4) własności emergentne przejawiają własną moc przyczynową, działającą horyzontalnie wobec innych obiektów na danym poziomie organizacji (*horizontal causality*) oraz odgórnie w kierunku własnych części (*downward causation*); 5) we wszelkich procesach działają immanentne siły przyrody i nie należy odwoływać się do czynników pozanaturalnych, takich jak np. *élan vital*.

Najbardziej dojrzałą koncepcję emergencji przedstawił Charles Dunbar Broad. Autor monumentalnego dzieła pt. *The Mind and Its Place in Nature*¹² podał dość ściśle określenie emergencji:

¹² Ch.D. Broad, *The Mind and Its Place in Nature*, Kegan Paul, London 1925.

(...) teoria emergencji stwierdza, iż istnieją pewne całości składające się z części A, B, C pozostające do siebie w relacji R, oraz że każda całość, składająca się z takich samych części A, B, C, które pozostają do siebie w takiej samej relacji R, ma pewien zespół charakterystycznych własności. Przy czym części A, B, C mogą również występować w innych rodzajach kompleksów oraz innych relacjach niż R. Zgodnie z teorią emergencji całość R(A, B, C) nie może zostać (nawet w zasadzie) wydedukowana nawet z najbardziej zupełnej wiedzy o własnościach A, B, C branych w izolacji lub w układach o innej strukturze niż R(A, B, C)¹³.

Określona własność danego systemu jest więc emergentna wtedy, gdy nie można jej *wydedukować* z wiedzy dotyczącej uporządkowania części danego systemu oraz „wyizolowanych” cech tych części. Broad wyróżnia dwa rodzaje praw: prawa wewnątrzpoziomowe i prawa transpoziomowe. Pierwsze z nich dotyczą zdarzeń zachodzących na danym poziomie organizacji,

¹³ „(...) the emergent theory asserts that there are certain wholes, composed (say) of constituents A, B and C in relation R to each other; that all wholes composed of constituents of the same kind as A, B, and C in relation of the same kind as R have certain characteristic properties; that A, B and C are capable of occurring in other kinds of complex where the relation is not of the same kind as R; and that characteristic properties of the whole R(A, B, C) cannot even theory, be deduced from the most complete knowledge of the properties of A, B and C in isolation or in other wholes which are not of the form R(A, B, C). The mechanistic theory rejects the last clause of this assertion” (Ch.D. Broad, *The Mind...*, *op. cit.*, s. 61; cyt. za: R. Poczobut, *Między redukcją...*, *op. cit.*, s. 104–105).

natomiast drugie są *prawami emergencji* i odpowiadają za wyłanianie się własności i wzorców na wyższych poziomach organizacji¹⁴. Ponieważ wymóg zupełności wiedzy dla teorii przyrodniczych nie jest w pełni osiągalny, dlatego Broad przyznaje, że rozwój wiedzy empirycznej może zmienić kwalifikację statusu ontycznego niektórych własności i praw wyższego rzędu. Prawo dziś uznawane za emergentne, jutro może utracić swój emergentny status. Obok znaczenia *ontologicznego* emergencja posiada więc swój sens *epistemiczny*¹⁵.

Określenie przez prekursorów emergentyzmu podstawowych cech emergencji, jakimi są: nowość, nieredukowalność, nieprzewidywalność, wskazuje na jej aspekt synchroniczny i diachroniczny.

4. Emergencja synchroniczna i diachroniczna

Kiedy w procesie ewolucyjnym pojawia się nowa struktura, towarzyszy jej najczęściej emergencja nowych własności i funkcji systemowych. Własność taka, jak pamiętamy, zwana jest *emergentem*. Za jednostkę emergentną może być uznana np. własność, struktura, informacja, zachowanie, prawo, prawidłowość czy norma. Określona własność systemowa (emergent) istnieje na wyższym systemowym poziomie organizacji względem

¹⁴ Por. R. Poczobut, *Między redukcją...*, *op. cit.*, s. 106–107.

¹⁵ Por. W. Strawiński, *Jedność...*, *op. cit.*, s. 179.

własności i procesów wewnątrzsystemowych, stanowiących *bazę emergencji*. Określenie „emergentny” wskazuje na cechę relacyjną danej jednostki emergencji względem jej bazy. Nie można powiedzieć, że jakaś własność, struktura czy informacja jest emergentna sama w sobie, lecz jest taka z uwagi na relacje, w jakich pozostaje do struktur bazowych¹⁶.

Emergencja synchroniczna ujmuje system w danym momencie, abstrahując od ewolucji układu i zwracając uwagę na *nieredukowalność* jakiejś cechy systemowej do własności części systemu¹⁷. W perspektywie tej łatwo zauważyć, że skomplikowane układy posiadają *nowe* własności (*novel properties*), których nie da się wyprowadzić z pojedynczych składników. Za emergentne w tym sensie mogą być uznane różnorodne własności, jak np. stabilność jądra atomowego, stany skupienia ciał, synchronizacja grupy neuronów, świadomość człowieka¹⁸. Można powiedzieć, że:

(...) P jest własnością emergentną systemu s, gdy zachodzi jedna z następujących sytuacji: a) żaden składnik systemu s nie posiada własności P; b) s jest systemem, który nabywa własności P, stając się podsystemem systemu wyższego rzędu¹⁹.

¹⁶ Por. R. Poczobut, *System...*, *op. cit.*, s. 11–38.

¹⁷ Por. J. Bremer, *Problem umysł-ciało. Wprowadzenie*, Wydawnictwo WAM, Kraków 2001, s. 130.

¹⁸ Por. R. Poczobut, *System...*, *op. cit.*, s. 24–25.

¹⁹ *Ibidem*, s. 24 oraz 30.

W kontekście emergencji synchronicznej mówi się o synchronicznym zdeterminowaniu: tak samo zbudowane systemy urzeczywistniają te same cechy i dyspozycje. Cechy jakiegoś systemu zależą nomologicznie od jego mikrostruktury (od części, które tworzą ten system, oraz od uporządkowania tych części). Nie może istnieć różnica w cechach całości systemu bez równoczesnej różnicy w cechach elementów tego systemu. Twierdzenie o synchronicznym zdeterminowaniu zawiera tezę o me-reologicznej superweniencji: cechy systemu superweniują na cechach i relacjach jego części²⁰.

Inną cechą emergencji przedstawia aspekt *diachroniczny*, w którym podstawową rolę odgrywa *czas* i *dynamika*. Zgodnie z tym ujęciem wszystko, co istnieje we wszechświecie, posiada formę zorganizowanego procesu, w którym dochodzi ciągle do egzemplifikacji czegoś autentycznie nowego. W biegu ewolucji powstają nowe struktury, które konstytuują nowe obiekty z nowymi cechami i nowymi sposobami zachowań. Za emergentne przyjmuje się autentycznie nowe własności, których pojawiania się w żaden sposób nie można przewidzieć²¹. Własność systemowej nieprzewidywalności można wyrazić następująco:

Systemowa cecha E, która została po raz pierwszy urzeczywistniona w świecie \dot{S} przez system S o strukturze $[O_1 - O_n]$ w momencie czasu t, jest (z zasady) nieprzewidywalna, jeżeli po-

²⁰ Por. J. Bremer, *Jak to jest być świadomym*, IFiS, Warszawa 2005, s. 136.

²¹ Por. *ibidem*, s. 140.

jawienie się E w czasie t w \dot{S} nie jest przewidywalne z panujących w \dot{S} stanów oraz obowiązujących w nim praw, przed czasem t²².

W perspektywie diachronicznej próbuje się uchwycić naturę procesów ewolucyjnych, np. takich jak powstanie czasoprzestrzeni, atomów, cząsteczek, związków chemicznych, komórek, organizmów wielokomórkowych, gatunków, populacji, świadomych umysłów oraz ich intencjonalnych wytworów. Za przykład może posłużyć ewolucja biologiczna z charakterystycznymi dla niej mechanizmami selekcji i doboru naturalnego. Każdy z etapów ewolucji biologicznej przebiega według odmiennych zasad samoorganizacji. Są one inne dla fazy prebiotycznej, inne dla biogenezy, jeszcze inne dla antropogenezy oraz ewolucji świadomych umysłów, który tworzy język, symbole, zasady moralne, teorie naukowe²³. Możliwą przyczyną nieprzewidywalności nowej własności jest istnienie procesów indeterministycznych. Dzięki tym procesom może zajść prawdziwa kreatywność wszechświata. Gdyby kolejny stan układu można było wydedukować ze stanów poprzednich, twórczość nie mogłaby mieć miejsca. Przedłużeniem fizycznej kreatywności wszechświata jest inwencja człowieka, dzięki której twórczość wszechświata uległa zasadniczemu wzmocnieniu²⁴.

²² *Ibidem*, s. 137.

²³ Por. R. Poczobut, *System...*, *op. cit.*, s. 11–38.

²⁴ Por. R. Poczobut, *Emergencja a redukcja, czyli o miejscu umysłu w otwartym wszechświecie*, „*Filozofia Nauki*” 2003, 11, s. 93–108.

6. Emergencja słaba i silna

Kolejna typologia emergentyzmu wskazuje na rolę struktury emergentnej w funkcji oddziaływania na elementy systemu. W niektórych wersjach przyjmuje się, że wraz z wyłanianiem się nowych fenomenów pojawiają się nowe siły działające ograniczająco, a nawet oddziaływania inne niż fizyczne. Zestawienie tych nowych typów sił w porządku wzrastającego dystansu wobec fizykalizmu pozwala na wyróżnienie trzech rodzajów emergencji: *emergencję 'façon de parler'*, *emergencję słabą* i *silną*²⁵.

²⁵ Takie rozróżnienie przedstawia Philip Clayton, dokonując pożytecznego posunięcia w kierunku uczynienia porządku w chaosie terminologicznym dotyczącym emergencji (Ph. Clayton, *Mind and Emergence: From Quantum to Consciousness*, Oxford University Press, Oxford 2008, s. 54–60). Własną klasyfikację pojęcia emergencji podjął również Robert van Gulick, dokonując podziału na: *emergencję specyficzną wartości*, *emergencję umiarkowaną* i *radykalną*. Najślabszą formą emergencji określana jest mianem *emergencji specyficzną wartości*. Całość i części mają cechy *tego samego rodzaju*, lecz różnią się między sobą pod względem *wartości* danej wielkości. Na przykład przedmiot ważący sto kilogramów ma sto części, z których każda waży jeden kilogram. Całość jest wyznaczana przez sumę własności jej części. Posiadanie ciężaru jednego kilograma oraz posiadanie ciężaru stu kilogramów to determinanty tej samej wielkości determinowanej, którą jest „posiadanie ciężaru”. Silniejsza wersja, zwana *emergencją umiarkowaną*, pozwala całości posiadać cechy *rodzajowo inne* od tych, które znajdują się w jego częściach. Całość posiada cechy, których nie posiadają części, np. mysz może być żywa, nawet jeśli żadna z jej części wewnątrzkomórkowych nie jest żywa. W *emergencji radykalnej* całość posiada cechy, które różnią się pod względem rodzaju od cech jej części, a ich natura oraz istnienie nie wynikają koniecznie z cech jej części, jak również ich układu

Stanowisko pierwsze traktuje emergencję jako *schemat pojęciowy*. Posługiwanie się jej ideą służy jedynie wyrażaniu się w terminach niefizykalnych. Zwolennik tej koncepcji mógłby określić się następująco: „Nie jestem fizykalnym redukcjonistą, ponieważ uważam, że nie wszystko, co istnieje we wszechświecie, może zostać *opisane* za pomocą cząstek i praw fizycznych”. Za przykład emergencji tego rodzaju może posłużyć „teoria schematów” zaproponowana przez neurobiologa Michała Arbiba²⁶. Służy ona wypracowaniu ogólnego systemu pojęciowego pozwalającego na dyskusję pomiędzy naukowcami zajmującymi się mózgiem, filozofami i teologami. Arbib posługuje się w niej schematem pojęciowym „osoby” na oznaczenie „mózgu wraz z jego predykatami mentalnymi”. Poprzez łączenie jednych schematów można tworzyć kolejne, bardziej złożone. Dla schematu „osoby” może to być np. „społeczeństwo”, „historia”, „religia”. Z kolei dzieląc schemat „osoby” na

i prawdopodobnie regularności rządzących cechami tychże części. Przyjęcie emergencji radykalnej oznacza zgodę na fakt, że istnieją takie cechy świata występujące na poziomie systemowym, których nie determinują prawdopodobne regularności rządzące interakcjami między częściami takich systemów i ich cechami (por. R. van Gulick, *Redukcja, emergencja i inne nowsze zjawiska* [w:] M. Miłkowski, R. Poczobut (red.), *Analityczna metafizyka umysłu. Najnowsze kontrowersje*, IFiS PAN, Warszawa 2008, s. 144–190).

²⁶ Por. M. Arbib, *W stronę neurobiologii osoby* [w:] *Stwórca – Wszechświat – Człowiek*, Vatican Observatory Publications, Vatican City State, Center for Theology and the Natural Sciences, Berkley, CA 1999, s. 445–486; oraz M. Arbib, *Schema Theory* [w:] S. Shapiro (red.), *The Encyclopedia of Artificial Intelligence*, Wiley, New York 1992, s. 1427–1443.

subkomponenty, dochodzi się do takich schematów jak „centralny układ nerwowy” obejmujący szerokie spektrum podsystemów neuronalnych, „grup komórkowych”, „komórek”, a ostatecznie „molekuł” i „cząstek fizycznych”. Przedstawiciele „emergencji jako schematu pojęciowego” są zwolennikami zasady przyczynowego domknięcia uniwersum fizycznego. W ujęciu Jaegwona Kima zasada ta stwierdza, że *„każde zdarzenie fizyczne, które posiada przyczynę w czasie t , posiada fizyczną przyczynę w czasie t' ”*²⁷. Zgodnie z tym założeniem, śledząc historię przyczynową zdarzenia fizycznego, nie musi się nigdy wychodzić poza dziedzinę fizyczną. Zasada ta wymaga, aby całe działanie przyczynowe dokonywało się na poziomie fundamentalnych cząstek fizycznych i ich oddziaływań. Dlatego pomimo pomyślnego budowania różnorodnych „schematów pojęciowych”, poczynając od kwarków, a kończąc na bogach, zasada przyczynowego domknięcia uniwersum fizycznego powoduje, że ustalone schematy nie wywołują żadnych „pęknięć ontologicznych” w fizykalizmie. Takie „pęknięcie” mogłoby dopiero spowodować przyjęcie tezy, że oprócz przyczynowania fizycznego istnieje również jakieś inne, np. mentalne. Emergencja jako „schemat pojęciowy” jest w gruncie rzeczy fizykalizmem.

Teoretycy emergentyzmu są powszechnie zgodni, że kluczowa debata odbywa się pomiędzy dwiema rywalizującymi między sobą koncepcjami – emergencją słabą i silną. Pojęcie

²⁷ J. Kim, *Mit nieredukcyjnego materializmu* [w:] M. Miłkowski, R. Poczobut (red.), *Analityczna metafizyka...*, op. cit., s. 92.

slabej emergencji ustala minimalne kryteria ontologiczne bycia własnością emergentną. Główne cechy słabej emergencji przedstawia definicja przedstawiona przez Charbela Niño El-Haniego i Antonia Marcosa Pereirę: (1) ontologiczny fizykalizm – wszystko, co istnieje w świecie czasoprzestrzennym, składa się z podstawowych cząstek elementarnych rozpoznawanych przez fizykę i jej agregaty; (2) emergencja własności – kiedy zespoły przedmiotów podstawowych uzyskają odpowiedni poziom strukturalnej złożoności, wtedy z danego systemu wyłaniają się zasadniczo nowe własności; (3) nieredukowalność emergencji – emergentne własności są nieredukowalne i nieprzewidywalne z poziomu fenomenów, z którego się wyłaniają; (4) odgórne przyczynowanie – jednostki wyższego poziomu oddziałują przyczynowo na jednostki poziomu niższego²⁸.

Na gruncie słabej emergencji pojawia się jedna z kluczowych kontrowersji, dotycząca własności systemowej, którą jest

²⁸ „(1) Ontological physicalism: All that exists in the space-time world are the basic particles recognized by physics and their aggregates. (2) Property emergence: When aggregates of material particles attain an appropriate level of organizational complexity, genuinely novel properties emerge in these complex systems. (3) The irreducibility of the emergence: Emergent properties are irreducible to, and unpredictable from, the lower-level phenomena from which they emerge. (4) Downward causation: Higher-level entities causally affect their lower level constituents” (Ch.N. El-Hani, A.M. Pereira, *Higher-Level Descriptions: Why Should We Preserve Them?* [w:] R.B. Andersen et al. (red.), *Downward Causation: Minds, Bodies and Matter*, Aarhus University Press, Aarhus 2000, s. 133).

przyczynowanie odgórne (*downward causation*) (Campbell²⁹, van Gulick³⁰, Luisi³¹). W odróżnieniu od emergentystów *façon de parler*, zwolennicy słabej emergencji przyznają, że struktury emergentne i ich własności wywierają pewien wpływ na wydarzenia w świecie fizycznym, mikrofizyczne „przyczynowanie oddolne” nie wyjaśnia wszystkiego, natomiast do pełnego opisu konieczne jest uwzględnienie przyczynowego oddziaływania płynącego od własności emergentnych. Za przykład może posłużyć kręcące się koło³². Cząsteczki wchodzące w skład kręcącego się koła poruszają się w sposób, którego nie można przewidzieć na podstawie wiedzy o samych tylko molekularnych interakcjach, co pozwala uznać je za układ emergentny, natomiast obrót koła nie łamie żadnego fizycznego prawa, kiedy determinuje ruch jego części. „Całość” rozumiana jako konfiguracja elementów wykazuje rodzaj *ograniczającego* wpływu na własne części. Takie przypadki nieprzyczynowej determinacji są określane w literaturze mianem „ograniczenie całość-część” (*whole-part constraint*), natomiast

²⁹ D.T. Campbell, *Downward Causation in Hierarchically Organised Biological Systems* [w:] F.J. Ayala, T. Dobzhansky (red.), *Studies in the Philosophy of Biology: Reduction and Related Problems*, University of California Press, Berkeley 1974, s. 179–186.

³⁰ R. van Gulick, *Who's in Charge Here? And Who's Doing All the Work?* [w:] J. Heil, A. Mele (red.), *Mental Causation*, Clarendon, Oxford 1995, s. 233–256.

³¹ P.L. Luisi, *Emergence in Chemistry: Chemistry as the Embodiment of Emergence*, „Foundations of Chemistry” 2002, 4, s. 183–200.

³² Por. R.W. Sperry, *Macro-Versus Micro-Reductionism*, „Philosophy of Science” 1960, 53, s. 265–270.

zwolennicy takiego sposobu rozumienia przyczynowości odgórnej są nazywani *slabymi emergentystami*³³.

Istnieją jednak bardziej kontrowersyjne przypadki przyczynowania odgórnego. Jednym z nich jest przyczynowość mentalna. W jej kontekście powstaje pytanie: czy myśli oraz intencje rzeczywiście decydują o działaniach osoby, czy też należy powiedzieć, że ogromna liczba zintegrowanych obwodów neuronalnych wymusza określony sposób zachowania się swych części. Zgodnie z przekonaniem zwolenników słabej emergencji jednostka ludzka może jedynie wierzyć, że jej myśli decydują o zachowaniu się ciała, podczas gdy rzeczywiste przyczyny działają na poziomie zdarzeń mikrofizycznych, przyjmując formę elektrochemicznej interakcji pomiędzy neuronami. Oddziaływania te decydują o pracy mięśni i zachowaniach organizmu, co przez odbiorcę zewnętrznego jest mylnie traktowane jako działanie osobowe. W opinii słabych emergentystów w niektórych przypadkach może *wydawać się*, że dany układ działa na mocy własnych praw, że wygenerował niefizyczny rodzaj przyczynowania, ale jest to złudzenie wynikające z granic wiedzy w czasie obecnym. W rzeczywistości nie są to nowe rodzaje przyczyn, a jedynie nowe manifestacje fundamentalnych procesów przebiegających na poziomie fizycznym. Z tego powodu słaba emergencja nazywana jest niekiedy *emergencją epistemiczną*³⁴.

³³ Por. Ph. Clayton, *Mind...*, *op. cit.*, s. 56–57.

³⁴ Por. *idem*, *Conceptual...*, *op. cit.*, s. 7–8.

Zasadniczy problem związany z ideą odgórnego przyczynowania wyraża się więc w pytaniu: czy własności emergentne mogą wprowadzić do uniwersum nowy rodzaj przyczynowania odmienny od fizycznego? Przyjęcie takich sił działających w świecie prowadzi do sformułowania stanowiska *silnej emergencji*, zwanej niekiedy *emergencją ontologiczną*. Zawiera ona wszystkie cechy emergencji słabej, z istotnym wyjątkiem – rezygnacją z uprzywilejowanego statusu mikrofizyki oraz jej prymatu w podawaniu przyczyn i wyjaśnień. Zwolennicy silnej emergencji przyznają, że fizyka kwantowa jest gwarantem wyjaśnienia jedynie podstawowego poziomu praw warunkujących ewolucję, lecz „przyczynowanie fizyczne” nie jest jedynym przyczynowaniem występującym w przyrodzie. Również poza mikrofizyką pojawiają się wyraźne ograniczenia oraz aktywne czynniki wpływające na przebieg zdarzeń, które pochodzą z innych poziomów świata przyrody³⁵. Silna emergencja przyjmuje nie tylko przyczynowanie typu *whole-part constraint*, charakterystyczne dla słabej emergencji, ale także *aktywną* formę przyczynowania „góra-dół”³⁶. W silnej emergencji przyjmuje się, że całości lub systemy posiadają moce przyczynowe radykalnie emergentne względem mocy swoich części. Makromoce całości, „sięgając w dół”, zmieniają przebieg zdarzeń na poziomie mikrofizycznym. Radykalne moce emergentne uwalniają od determinacji ze strony bazowych mikromocy,

³⁵ Por. Ph. Clayton, *Mind...*, *op. cit.*, s. 58.

³⁶ Por. *ibidem*, s. 73.

a w konsekwencji umożliwiają zmianę przebiegu zdarzeń na mikropoziomie w sposób niezależny od praw obowiązujących na mikropoziomie³⁷. Sedno argumentu leży w idei „odrębnych poziomów” świata przyrody, z których każdy definiowany jest poprzez odmienne prawa oraz odmienne przyczyny działające na tych poziomach. George F.R. Ellis³⁸ stwierdza, że poznając złożoność świata, począwszy od cząstek fizycznych, a skończywszy na psychologii czy też socjologii, zauważa się emergencję nowych praw charakterystycznych dla danej nauki. Stwarza to silną sugestię, że świat jest zbudowany hierarchicznie, a prawa właściwe dla poziomu wyższego wyłaniają się z poziomów niższych. Kontekstem pomagającym wyodrębnić określone poziomy jest hierarchiczna struktura materii, relacje przyczynowe, jak też odrębny język służący opisowi jednostek rozpoznawanych w poszczególnych skalach. Hierarchiczna struktura świata jest oparta na przyczynowych relacjach pomiędzy całościami a częściami (*whole-part relations*). Ellis zaznacza:

Przyczynowe działanie danego poziomu ma miejsce wtedy, gdy łączne współdziałanie przyczyny oddolnej i odgórej prowadzi

³⁷ Por. T. Crane, *The Significance of Emergence* [w:] C. Gillett, B. Loewer (red.), *Physicalism and Its Discontents*, Cambridge University Press, Cambridge 2001, s. 207–224.

³⁸ Por. G.F.R. Ellis, *Top-down Causation, and the Human Brain* [w:] N. Murphy, G.F.R. Ellis, T. O'Connor (red.), *Downward Causation and the Neurobiology of Free Will*, Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg 2009, s. 53–81.

do skutku, który zależy tylko od warunków początkowych poziomu wyższego. (...) Wynik działania danego poziomu pozwala na jego opis fenomenologiczny jako niezależny od stanów poziomu niższego realizującego to działanie. Stanowi to podstawę do wyodrębnienia niezależności wyższego poziomu i powód do traktowania pewnych przyczyn na każdym poziomie jako ontycznie realnych (...)”³⁹.

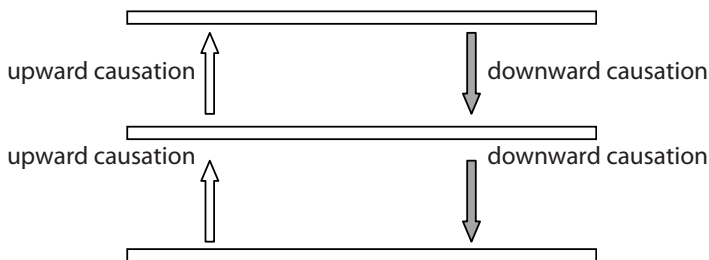
Dokonując pewnego uproszczenia, Ellis wyróżnia odmienne poziomy złożoności charakterystyczne dla poszczególnych nauk⁴⁰. Poziomy te przedstawia poniższy diagram.

³⁹ „Effective same-level action occurs when top-down causation combined with bottom-up causation leads to a resulting high-level outcome that depends only on the initial high-level state. (...) The resulting same-level action allows a phenomenological description of the higher-level action that is independent of the particular lower-level states that realize this action. This is the basis of the independence of higher-level descriptions from lower-level details and the reason that we can consider same level causation at each level as ontologically real (...)” (*ibidem*, s. 67).

⁴⁰ Na temat hierarchicznej struktury nauk piszą m.in.: A.R. Peacocke, *An Introduction to the Physical Chemistry of Biological Organization*, Oxford University Press, Oxford 1989; N.A. Campbell, J.B. Reece, *Biology*, Benjamin Cummings, San Francisco 2005; A. Scott, *Stairway to the Mind*, Springer, New York 1995, (przekład polski: *Schody do umysłu*, przeł. H. Barańska, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1999).

Poziom 8	Socjologia/ekonomia/polityka
Poziom 7	Psychologia
Poziom 6	Fizjologia
Poziom 5	Biologia komórkowa
Poziom 4	Biochemia
Poziom 3	Chemia
Poziom 2	Fizyka atomowa
Poziom 1	Fizyka cząstek elementarnych

W zarysowanej powyżej hierarchii występują oddziaływania oddolne i odgórne. Przyczynowanie oddolne polega na tym, że niższy poziom rzeczywistości oddziałuje przyczynowo na poziom wyższy, niekiedy go determinując, natomiast przyczynowanie odgórne polega na zdolności oddziaływania przyczynowego poziomu wyższego na poziom niższy (zob. *rys. 1*).



Rys. 1. Struktury i własności emergentne różnych poziomów oddziałują na siebie oddolnie i odgórnie

Kiedy w danym układzie ma miejsce oddziaływanie dynamiczne, wynik zmienia się zależnie od kontekstu, który zachodzi na poziomie wyższym. Zmiana kontekstu na poziomie wyższym pociąga zmianę w działaniu poziomu niższego. Kontekst zmian wyższego poziomu nie może zostać opisany w terminach poziomu niższego i to wyraża jego cechę szczególną⁴¹.

W opinii Ellisa odgórne przyczynowanie jest wszechobecne w fizyce, chemii i biologii, ponieważ w każdej z tych nauk wynik na niższym poziomie interakcji jest zawsze zdeterminowany przez kontekst. Ellis twierdzi, że istnieje co najmniej pięć odmiennych rodzajów *top-down causation*, które formułują hierarchię. Mogą one działać równocześnie w tych samych systemach fizycznych na różnych ich poziomach. Należą do nich: (1) przyczynowanie algorytmiczne (*algorithmic top-down causation*); (2) przyczynowanie przez nieadaptacyjną kontrolę informacyjną (*non-adaptive information control*); (3) przyczynowanie poprzez selekcję adaptacyjną (*adaptive selection*); (4) przyczynowanie poprzez przystosowawczą kontrolę informacyjną (*adaptive information control*); (5) przyczynowanie inteligentne (*intelligent causation*). Ich krótka charakterystyka wygląda następująco:

⁴¹ Por. G.F.R. Ellis: *Physics, Complexity, and Causality*, „Nature” 2005, 435, s. 743; oraz: G.F.R. Ellis, *Physics and the Real World*, „Foundations of Physics” 2006, 26, s. 227–236.

Przyczynowanie algorytmiczne

Algorytmiczne przyczynowanie odgórne zachodzi wtedy, gdy zmiany na wyższym poziomie wpływają na dynamikę niższego poziomu poprzez strukturę układu; dlatego wynik zależy wyłącznie od struktury poziomu wyższego, warunków brzegowych i początkowych. Za przykład może posłużyć algorytmiczna procedura wyliczania w komputerach cyfrowych⁴². Program komputerowy stanowiący poziom wyższy determinuje przełączanie się tranzystorów. Podobnie określony system neuronalny mózgu (np. układ wzrokowy⁴³) zależy w sposób algorytmiczny od danych na wejściu układu oraz systemu operacyjnego mózgu.

Przyczynowanie przez nieadaptacyjną kontrolę informacyjną

W przypadku nieadaptacyjnej kontroli informacyjnej jednostki wyższego poziomu wpływają na jednostki poziomu niższego tak, aby osiągnąć określony cel. Wykorzystywany jest tu mechanizm sprzężenia zwrotnego. Ogólnie znanym przykładem jest kontrola temperatury wody przy użyciu termostatu. Tutaj, inaczej aniżeli w poprzednim przypadku, temperatura nie jest

⁴² Por. A.S. Tanenbaum, *Structured Computer Organization*, Prentice Hall, Englewood Cliffs 1990.

⁴³ Por. Ch. Koch, *The Quest for Consciousness: A Neurobiological Approach*, Roberts and Company, Englewood 2004 (przekład polski: Ch. Koch, *Neurobiologia na tropie świadomości*, przeł. G. Hess, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2008).

determinowana poprzez warunki początkowe i brzegowe, ale poprzez cel. Jest on możliwy do osiągnięcia dzięki sprzężeniu zwrotnemu, polegającemu na porównywaniu temperatury w danej chwili z temperaturą docelową, określoną na termostacie. Ruch obrotosciomierza na termostacie jest jednostką poziomu wyższego. Ta relacja stanowi przykład *top-down causation*, ponieważ cele są wyrażalne tylko w terminach poziomu wyższego i są implementowane przez poziom wyższy. Nie mogą one zostać zredukowane do jednostek niższego poziomu dlatego, że relacja pomiędzy częściami jest określona przez sprzężenie zwrotne. Relacja sprzężenia zwrotnego jest bardzo charakterystyczna dla fizjologicznych funkcji organizmu, a szczególnie dla mózgu. Za przykład może posłużyć przesyłanie impulsu nerwowego poprzez neuron. Komórki nerwowe posiadają błony, które selektywnie przepuszczają jony sodu i potasu, będące głównymi składnikami procesu. Przepuszczalność błony dla danego jonu zależy od wartości przyłożonego do niej napięcia elektrycznego. Zdolność do wykonania pracy wynika z małych różnic w potencjałach elektrycznych istniejących wewnątrz i na zewnątrz komórki. Ponieważ jony, przenosząc ładunek elektryczny, przenikają ścianki neuronu, powodują zmianę napięcia na błonie. W ten sposób powstaje impuls nerwowy, który wędruje do innych komórek nerwowych lub mięśni, niosąc jakąś informację⁴⁴.

⁴⁴ Por. A. Scott, *Schody do umysłu*, *op. cit.*, s. 46.

Przyczynowanie poprzez selekcję adaptacyjną

Proces adaptacyjny ma miejsce wtedy, gdy wiele jednostek wchodzi w interakcje (np. komórki w ciele lub też osobniki w danej populacji), a polega na selektywnym różnicowaniu swoich własności, stosownie do określonych warunków środowiska czy też kontekstu. Wyższy poziom, w tym wypadku określone środowisko, stanowi warunki bardziej lub mniej dogodne dla jednostek niższego poziomu. Preferowane są takie zmiany, które służą lepszej adaptacji. Czynniki selekcyjne akceptuje jeden rodzaj stanów, a odrzuca inne. Mechanizm ten można rozumieć jako rodzaj sprzężenia zwrotnego podporządkowanego metacelowi (*meta-purpose*), który określa kryteria decydujące o tym, jaki rodzaj wyniku jest pożądanym, a jaki nie. Przyczynowanie odgórne biegnie od kontekstu (poziom wyższy) ku zachowaniom systemu (poziom niższy). Inaczej aniżeli w przypadku zwyczajnego sprzężenia zwrotnego, proces ten nie polega na osiągnięciu wcześniej zaprogramowanego celu, ale jest systemem twórczym, który preferuje *metacele* odzwierciedlone w kryteriach odpowiedności (*fitness*). Na drodze adaptacji zapamiętywana jest nowa informacja, co powoduje wzrost złożoności. Osiągnięcie złożoności nie jest kierowane ani przez żadne atraktory dynamiczne, ani też przez specyficzne cele kierujące procesem. Wynik nie jest zwykle przewidywalny ani z punktu widzenia warunków początkowych, ani też z punktu widzenia metacelów, ponieważ w strategii działania takiego układu ważną rolę odgrywają elementy losowe. Selekcja adaptacyjna przebiega również

na poziomie mózgu. Jedną z form selekcji adaptacyjnej jest opisany przez Geralda Edelmana⁴⁵ „neuronalny darwinizm”, który polega na podtrzymywaniu używanych połączeń synaptycznych oraz zamieraniu synaps nieużywanych. Interakcja ze środowiskiem wpływa na plastyczność mózgu i decyduje o utrwalaniu lub zanikaniu pewnych wzorców, które z kolei wpływają na śmierć bądź wzrost i rozwój określonych synaps. Za przykład może posłużyć „habitucja” (*habituation*), która polega na uczeniu się lub ignorowaniu stymulacji nieposiadających znaczenia.

Przyczynowanie poprzez przystosowawczą kontrolę informacyjną

Przyczynowanie poprzez kontrolę adaptacyjną zachodzi wtedy, gdy w danym układzie istnieje zarówno adaptacyjna selekcja celów, jak i sprzężenie zwrotne. Cele, które kontrolują przebieg sprzężenia zwrotnego, mogą zostać adaptacyjnie zmienione w reakcji na otrzymane doświadczenia oraz informacje. Zwiększa to elastyczność układu w reakcji na zmianę środowiska, a wykorzystanie pamięci umożliwia uczenie się i przewidywanie. Własności te leżą u podstaw działań celowościowych, które pozwalają organizmowi zaadaptować się w określonym środowisku na podstawie już wcześniej zdobytej wiedzy. Zasygnalizowany mechanizm leży u podstaw inteligentnych dzia-

⁴⁵ Por. G.M. Edelman, *Neural Darwinism: The Theory of Neuronal Group Selection*, Oxford University Press, Oxford 1989.

łań zwierząt. Klasycznym przykładem jest skojarzeniowe uczenie się zwierząt, jak w przypadku „psa Pawłowa” (pies reaguje na dźwięk, który jest skojarzony z jedzeniem). Przyczynowanie odgórne biegnie od mózgu reagującego na dźwięk ku pobudzeniu komórek i mięśni.

Inteligentne przyczynowanie odgórne

Inteligentne przyczynowanie odgórne jest szczególnym przypadkiem sprzężenia zwrotnego połączonego z adaptacyjnym wyborem celów, gdzie selekcja celów zawiera w sobie reprezentację symboliczną służącą sprawdzeniu wyniku zamierzonych wyborów. System symboliczny jest zestawem zorganizowanych wzorców zrealizowanych w czasie i przestrzeni służących reprezentacji obiektów, stanów czy też relacji. Jest on hierarchiczny i rekursyjny, zawierający gramatykę oraz składnię jako środek wyrazu znaczenia semantycznego. Kluczową cechą przyczynowania poziomego wyższego jest język symbolu⁴⁶ wyrażany w sposób mówiony lub pisany, rozciągający się również na modele matematyczne⁴⁷. Treść wyrażana przez język symbolu jest nieredukowalna, ponieważ może być wyrażana na wiele różnych sposobów. Dzięki językowi może być ona przechowywana i odzyskiwana dla celów przyszłych oraz podlegać

⁴⁶ Por. T.W. Deacon, *The Symbolic Species: The Co-Evolution of Language and the Brain*, Penguin, London 1997.

⁴⁷ Por. K. Devlin, *Mathematics: The Science of Patterns*, Henry Holt & Company, New York 1996.

modyfikacji stosownie do wcześniejszych doświadczeń i przyszłych oczekiwań. Rozumienie oraz celowe działanie stanowią jednostki abstrakcyjne wyższego poziomu, które oddziałują na niższy poziom świata fizycznego. Działanie intencjonalne realizuje określone idee wyrażone w języku symboli i w ten sposób w świecie fizycznym wprowadza zmiany. Wynik jest skutkiem ludzkiego działania. Za przykład inteligentnego przyczynowania odgórnego może posłużyć projekt samolotu. Realizowany projekt jumbo jeta skutkuje określonym układem miliardów atomów wprzęgniętych w jego budowę. Projekt samolotu nie jest ekwiwalentem stanu mózgu określonej osoby, ale jest abstrakcyjnym, hierarchicznie złożonym ekwiwalentem klasy reprezentacji (wyrażanej słowem, liczbą i rysunkiem) zorganizowanej w mózgach i komputerach, która składa się na projekt. W sposób oczywisty jest ona przyczynowo efektywna, ponieważ bez niej samolot nie mógłby istnieć. Innym przykładem mogą być pieniądze. Fizycznie pieniądze są jedynie kawałkami metalu lub papieru z umieszczonym na nich wydrukiem. Choć cechy fizyczne pieniędzy nie decydują o ich działaniu przyczynowym, to jednak wykorzystanie poprzez ludzkie umysły ich znaczenia symbolicznego wprowadza w świat fizyczny zmiany, np. w postaci wznoszonych wieżowców, dróg i mostów. Nie jest jeszcze w pełni wiadome, w jaki sposób umysł jest zdolny do projektowania czy też wyborów skutkujących działaniem odgórnym, jednakże obecna niewiedza nie podważa faktu, że takie oddziaływanie ma miejsce. Rozumienie i celowościowe działanie stanowią abstrakcyjne jednostki przyczynowania charakterystyczne dla umysłu ludzkiego.

W opinii Paula Daviesa, silna emergencja posiada osobliwy status, a jej miejsce pośród nauk jest jeszcze świeże i niepewne. Jak zauważa, istnieje jednak coraz większa grupa naukowców, która naciska na „kaftan” tradycyjnego rozumienia związków przyczynowych, aby zrobić miejsce dla silnej emergencji. Choć fizyka pozostaje głęboko redukcjonistyczna, pojawia się poczucie, że nadchodzi czas radykalnej zmiany paradygmatu w tym zakresie⁴⁸. Davies stara się wskazać, jakie warunki fizyczne umożliwiałyby istnienie silnej emergencji. Zgodnie z jego opinią można wymienić trzy sytuacje, które pozwalają na jej zaistnienie. Pierwsza zachodzi wtedy, gdy wszechświat jest systemem otwartym. Silna emergencja nie może wystąpić w systemie, który jest przyczynowo zamknięty na poziomie mikro, ponieważ wówczas nie byłoby żadnego miejsca dla dodatkowych zasad, które mogłyby działać, a które nie byłyby już *implicit*e zawarte w zasadach niższego poziomu. We wszechświecie otwartym dopuszczalne byłoby istnienie takich „zewnętrznych” czy też globalnych zasad, które dokonywałyby „przyczynowego poluzowania”. Wszechświat mógłby być częściowo zależny od dynamiki mikropoziomu, a częściowo od ograniczeń narzuconych przez zasady globalne. Druga możliwość pojawia się, kiedy system jest indeterministyczny. Ostatnia możliwość ma miejsce wtedy, gdy prawa fizyki działające na poziomie podstawowym nie posiadają należytej precyzji z powodu ograniczonych

⁴⁸ Por. P.C.W. Davies, *Preface* [w:] Ph. Clayton, P. Davies (red.), *The Re-Emergence of Emergence...*, *op. cit.*, s. xii–xiii.

zasobów obliczeniowych wszechświata. Wszystkie trzy możliwości, jak zaznacza, mogłyby być uważane za niekonwencjonalne odejścia od standardowej teorii fizycznej. Konsekwencją przyjęcia silnej emergencji jest twierdzenie mówiące o tym, że oprócz podstawowych praw fizycznych istnieją również „prawa złożoności”. Zdaniem Daviesa, ogromne znaczenie dla koncepcji silnej emergencji będą miały wyniki nauk dotyczące relacji umysł-ciało, a szczególnie te dane, które dotyczą związku przyczynowego. Dowiedzenie przyczynowania mentalnego pozwoliłoby poważnie potraktować świadomość jako fundamentalną własność wszechświata, nie zaś jako przypadkowy i nieistotny epifenomen⁴⁹.

7. Wieloznaczność pojęcia ‘emergencja’

Emergentyzm należy współcześnie do najżywiej rozwijających się kierunków, zarówno na polu filozofii, jak i różnych dyscyplin naukowych⁵⁰. Termin ‘emergencja’ posiada dziś wiele znaczeń technicznych oraz potocznych. *Oxford Universal Dictionary* wymienia 13 różnych definicji dla słów: *emerge*, *emergence*, *emergent*. *Webster’s Third New International Dictionary* kładzie nacisk na *czynnik nowości*. Teoretyk emergentyzmu Tim

⁴⁹ Por. *ibidem*, s. xii–xiii.

⁵⁰ Por. M.A. Bedau, P. Humphreys, *Preface* [w:] *idem* (red.), *Emergence: Contemporary Readings in Philosophy and Science*, MIT Press, London 2008, s. ix–x.

Crane⁵¹ podaje dwie podstawowe cechy emergencji: *zależność* i *odrębność*. Vladimir Archinov i Christian Fuchs⁵² w jednej z ostatnich ważnych analiz wyróżniają sześć jej kluczowych cech: *synergizm*, *nowość*, *nieredukowalność*, *nieprzewidywalność*, *spójność* i *historyczność*. Z uwagi na wieloznaczność pojęcia próbę bardziej syntetycznego ujęcia emergencji podjął George F.R. Ellis⁵³. Dokonana przez niego charakterystyka zawiera następujące tezy: 1) Emergencja przebiega na różny sposób: inaczej w systemach nieożywionych, inaczej w układach żywych, a jeszcze inaczej w systemach społecznych; 2) Emergencja występuje w przypadku wielopoziomowych układów hierarchicznych, w których każdy poziom charakteryzują różne prawa zapisywane w językach odmiennych teorii; 3) Układy hierarchiczne są modularne – składają się ze strukturalnej kombinacji względnie autonomicznych składników; 4) Emergencja przejawia się na trzy różne sposoby: i) ewolucja gatunków lub typów; ii) stworzenie lub rozwój określonych obiektów lub indywiduów; iii) funkcjonowanie określonych obiektów lub indywiduów; 5) W układach emergentnych można zaobserwować trzy rodzaje oddziaływań: i) dół-góra (*bottom-up*); ii) na tym samym poziomie (*same-level*); iii) góra-dół (*top-down*); 6) Systemy żywe zawierają w sobie

⁵¹ T. Crane, *The Significance of Emergence* [w:] C. Gillett, B. Loewer (red.), *Physicalism...*, *op. cit.*, s. 207–224.

⁵² Por. V. Archinov, C. Fuchs, *Preface* [w:] *idem* (red.), *Causality, Emergence, Self-Organisation*, NIA-Priroda, Moscow 2003, s. 5–18.

⁵³ Por. G.F.R. Ellis, *On the Nature of Emergent Reality* [w:] Ph. Clayton, P.C.W. Davies (red.), *The Re-Emergence...*, *op. cit.*, s. 79–107; R. Poczobut, *Między redukcją...*, *op. cit.*, s. 77–78.

układ sprzężenia zwrotnego, który potrafi uczyć się poprzez odbiór, przechowywanie, odtwarzanie i analizę informacji. Posiadają one umiejętność rozpoznawania wzorców, tworzenia modeli środowiska opartych na abstrakcji oraz operowania symbolami; 7) zjawisko emergencji warunkowane jest przez: i) cząstki i pola (świat materialny); ii) przypadkowość zdarzeń określoną prawami fizyki; iii) świat ludzkich idei, celów, intencji, emocji oraz zjawisk socjalnych; iv) Platoński świat idei matematycznych.

Jak więc łatwo zauważyć, nie ma jednego pojęcia czy też teorii emergencji o wyraźnie określonych kryteriach i cechach. Biorąc pod uwagę różnorodność kontekstów, w których współcześnie to pojęcie występuje, Philip Clayton dokonał próby systematyzacji oraz określenia statusu pojęć czy też teorii emergencji. Jego pracę można potraktować jako przyczynek do konstrukcji teorii emergencji⁵⁴.

8. Emergencja i jej konteksty

Clayton określił pięć odmiennych kontekstów (E_1 - E_5), w których pojawia się termin ‘emergencja’. Analizując kolejne przypadki, można zauważyć przejście od poszczególnych dziedzin naukowych do coraz wyraźniejszych interpretacji filozoficznych. Emergencję można traktować jako teorię naukową, filozoficzną, metafizyczną, a nawet jako twierdzenie teologiczne.

⁵⁴ Por. R. Poczobut, *System...*, *op. cit.*, s. 11–38.

Przynajmniej trzy spośród wyżej wymienionych teorii emergencji, streszczone w (E_1 - E_5), nie dotyczą bezpośrednio teorii naukowych. Oto klasyfikacja dokonana przez Clayтона:

E_1 : Teorie emergencji w obrębie konkretnych dziedzin naukowych (*Theories of emergence within specific scientific fields*⁵⁵)

„Emergencja” w sensie E_1 odnosi się do uniwersum dyskursu określonej teorii naukowej. Opisuje specyfikę własności określonego systemu (fizycznego, chemicznego czy biologicznego). Niektórzy uczeni interpretują mechanikę kwantową w kategoriach emergencji⁵⁶. To samo dotyczy termodynamiki nieliniowej.

⁵⁵ „This category refers to occurrences of the term within the context of a specific scientific theory. E_1 thus describes features of a specified physical or biological system of which we have some scientific understanding. The scientists who construct these theories claim that the term, used in a theory-specific sense, is of value to contemporary science as a description of features or patterns of the natural world. Because of this specificity, however, there is no way to establish whether the term is being used analogously across theories, or whether it really means something utterly distinct in each theory in which it appears” (Ph. Clayton, *Mind...*, *op. cit.*, s. 40).

⁵⁶ Michael Silberstein i John McGreever utrzymują, że „(...) *quantum mechanics provides the most conclusive evidence for the existence of ontological emergence*” (M. Silberstein, J. McGreever, *The Search for Ontological Emergence*, „Philosophical Quarterly” 1999, 49, s. 187). Z kolei David Newman twierdzi, że „(...) dynamical systems have attractors as higher-level emergent features – you can’t deduce them from equations for the system” (D. Newman, *Emergence and Strange Attractors*, „Philosophy of Science” 1996, 63, s. 247).

Odwołując się do emergencji, uczeni twierdzą, że termin ten posiada wartość naukową jako opis cech lub wzorców w świecie przyrody. Jednakże z powodu tak wąskiego sposobu rozumienia „emergencji”, ograniczonego do specyficznej teorii, nie można stwierdzić, czy emergentne wzorce lub własności, o jakich tu mowa, przejawiają jakiś wspólny element ze zjawiskami występującymi w uniwersach dyskursu innych teorii naukowych, czy też różnią się od nich w sposób zasadniczy.

E_2 : Poziomy emergencji w przyrodzie
(*Levels of emergence within the natural world*⁵⁷)

Termin użyty w sensie E_2 wskazuje na szerszą klasę zjawisk występujących na różnych poziomach organizacji przyrody, które mogą stać się ostatecznie częścią zunifikowanej teorii naukowej. Takie ujęcie emergencji zwraca uwagę na *relacje* zachodzące między uniwersami dyskursu *różnych teorii*, badających różne poziomy organizacji przyrody. Chodzi tu o relacje będące przedmiotem badań tzw. dyscyplin stykowych, do których należy np. chemia fizyczna, biologia molekularna czy neurobiologia.

⁵⁷ „Used in this sense the term draws attention to broader features of the world that may eventually become part of a unified scientific theory. Emergence in this sense expresses postulated connections or laws that may in the future become the basis for one or more branches of science. One thinks, for example, of the role claimed for emergence in Stuart Kauffman’s notion of a new ‘general biology’ or in certain proposed theories of complexity or self-organization” (Ph. Clayton, *Mind...*, *op. cit.*, s. 41).

Celem tych dyscyplin jest wyjaśnianie emergentnych zjawisk należących do wyższego poziomu organizacji za pomocą zjawisk należących do poziomu bardziej podstawowego. Jeśli tego rodzaju wyjaśnienia okazują się niezupełne, ów fakt można interpretować jako wskaźnik emergencji w powyższym sensie⁵⁸. W opinii Clayтона takie pojęcie emergencji pojawia się u Stuarda Kauffmana⁵⁹ w kontekście biologii teoretycznej, teorii złożoności, jak również teorii samoorganizacji.

E_3 : Emergencja jako wzorzec w teoriach naukowych
(*Patterns across scientific theories*⁶⁰)

⁵⁸ Por. T. Deacon, *The Hierarchic...*, *op. cit.*, s. 273–308.

⁵⁹ Kauffman podkreśla duże znaczenie emergencji w prowadzeniu badań na terenie biologii. Zgodnie z jego przekonaniem dyscyplina naukowa, jaką jest biologia, otrzyma w przyszłości taką samą ścisłość i przejrzystość, jaką posiada obecnie termodynamika. Uważa on, że nauka stoi dziś na progu wielkiego przełomu w dziedzinie biologii. Emergencja spełnia w tym przełomie dwie ważne funkcje: wyznacza granicę pomiędzy biologią a fizyką oraz pokazuje, że na poziomie biologicznym pojawiają się autonomiczne zasady działania odrębne od fizycznych, które domagają się nowego systemu pojęciowego (por. S. Kauffman, *Investigations*, Oxford University Press, New York 2000). Do ważniejszych prac tego autora poruszających wątek emergencji należą m.in.: *At Home in the Universe: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity*, Oxford University Press, New York 1996; oraz *Whispers from Carnot: The Origins of Order and Principles of Adaptation in Complex Nonequilibrium Systems* [w:] G. Cowen *et al.* (red.), *Sante Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, Proceedings*, vol. 19, s. 83–136).

⁶⁰ „Since it postulates features that are shared by multiple theories within science, ‘ E_3 ’ is actually a meta-scientific term. Used in this

„Emergencja” w sensie E_3 jest w rzeczywistości *metanaukowym* terminem. Wskazuje na występowanie „wspólnych wzorców” odnoszących się do uniwersów dyskursu różnych teorii (np. teorii samoorganizacji, teorii złożoności⁶¹, synergetyki). Takie interdyscyplinarne rozumienie „emergencji” występujące w literaturze z zakresu filozofii nauki pełni ważną rolę heurystyczną, ponieważ pozwala wykrywać własności wspólne zjawiskom badanym w ramach różnych teorii naukowych. Dostrzeżenie „wspólnych wzorców” może niejednokrotnie pomóc w stworzeniu teorii, sformułować nową hipotezę lub wprowadzić nowy interdyscyplinarny program badawczy. Wielu teoretyków (np. Kauffman, Wolfram) jest zwolennikami zjednoczonej

sense, as it often is in the philosophy of science, the term is not drawn from a particular scientific theory; it is an observation about a significant pattern that allegedly connects a ‘range’ of scientific theories. For example, consider the features that might be common to autocatalysis, complexity, and self-organization. We have some idea of what role each of these three terms plays in at least one branch of science; but it is also possible that they share certain significant features in common. ‘ E_3 ’ draws attention to these features, whether or not any individual theory within science actually makes scientific use of the term ‘emergence’. It thus serves a heuristic function, helping to highlight common features between theories. Recognizing such broader patterns can help to extend existing theories, to formulate insightful new hypotheses, or to launch new interdisciplinary research programmes” (Ph. Clayton, *Mind...*, *op. cit.*, s. 41).

⁶¹ Silberstein i McGreever zaznaczają, że w studiach dotyczących teorii złożoności poszukuje się podstawowej teorii dotyczącej fundamentalnych praw, które decydują o zachowaniu się systemów złożonych (por. M. Silberstein, J. McGreever, *The Search...*, *op. cit.*, s. 182–200).

teorii emergencji, usiłującej ustalić takie „metaprawa”, które kierują procesem emergencji w ewoluujących systemach.

E_4 : Teoria o wzorcach w przechodzeniu między naukami
(*A theory about the patterns in the transitions
between sciences*⁶²)

„Emergencja” w sensie E_4 wskazuje na istnienie powtarzających się wzorców w różnych fazach ewolucji kosmicznej, tym samym w przejściach pomiędzy poszczególnymi naukami. Zwolennicy takiego ujęcia wskazują na występowanie podobieństw

⁶² „Emergence in this sense is a broader theory about the evolutionary process. Like ‘ E_3 ’ it claims that new systems or structures are formed at particular points and that these systems share certain common features. But emergence theories sometimes go beyond the task of describing common features across scientific fields; they sometimes attempt to explain why these patterns should exist. Such theories argue that the similarities and differences across emergent systems are part of a broader pattern in nature – an overall ‘ladder of emergence’, for example. Current work is being done, for example, to understand how chemical structures emerge out of the underlying physics, to reconstruct the biochemical dynamics that underlie the origins of life, and to conceive how complicated neural processes produce cognitive phenomena such as memory, language, rationality, and creativity. ‘ E_4 ’-type theories attempt to discern the broader pattern that runs across each of these (and other) transition points in nature. As such, they are not themselves scientific theories. A scientific theory that explains how chemical structures are formed is unlikely to explain the origins of life, and neither theory will explain how self-organizing neural nets encode memories. Instead, ‘ E_4 ’ theories explain why the transition between scientific theories should be as we find them to be in nature” (Ph. Clayton, *Mind...*, *op. cit.*, s. 41–42).

(wzorców) w tak na pozór różnych procesach, jak: przejście od procesów fizycznych do struktur chemicznych; przejście od procesów biochemicznych do organizmów żywych; przejście od skomplikowanych procesów neuronalnych do fenomenów kognitywnych, takich jak np. świadomość, język, pamięć, racjonalność, twórczość. Emergencja w sensie E_4 dąży do uchwycenia kluczowych przełomów, jakie dokonują się w procesie ewolucyjnym, oraz do sformułowania w odpowiednio abstrakcyjnym języku ich własności wspólnych. Nie jest ona kompleksową teorią naukową, ale ontologiczną interpretacją powtarzających się wzorców (*reiterating patterns*), które występują w przełomowych momentach ewolucji wszechświata. Pojawia się opinia, że E_4 stanowi filozoficzny surogat przyszłej teorii naukowej, która dokona unifikacji daleko wykraczającej poza oczekiwaną unifikację czterech fundamentalnych oddziaływań fizycznych.

E_5 : Metafizyka emergencji (*The metaphysics of emergence*⁶³)

„Emergencja” w sensie E_5 jest teorią metafizyczną i dotyczy twórczego charakteru procesów ewolucyjnych zachodzących

⁶³ „Emergence in this sense is a metaphysical theory, in the sense that physicalism and dualism are also metaphysical theories. It claims that the nature of the world is such that it produces, and perhaps must produce, continually more complex realities in a process of ongoing creativity, and it is a thesis about the nature of what is produced. Each of the preceding four types of emergence may serve as evidence for ‘ E_5 ’, but they alone will not prove it. Metaphysical theories are not limited to inferences from the available evidence; they are hypotheses about the nature of reality as a whole” (*ibidem*, s. 42).

w świecie. Teoria ta twierdzi, że uniwersum posiada taką naturę, iż nieustannie wytwarza coraz bardziej złożone układy. Metafizyczne czy też teologiczne⁶⁴ teorie emergencji są hipotezami na temat natury rzeczywistości rozpatrywanej w jej maksymalnym wymiarze. Każdy z poprzednich czterech typów emergencji może służyć jako źródło danych dla E_5 . Krytycy E_5 podkreślają, że zakłada ono istnienie „mistycznej siły”, która napędza proces ewolucyjny i sprawia, iż osiąga on coraz wyższe poziomy organizacji. Nie jest to jednak krytyka szczególnie trafna, jeśli założy się istnienie naturalnych praw samoorganizacji⁶⁵.

⁶⁴ Niektórzy uczeni, jak np. Philip Clayton, Arthur R. Peacocke, John Polkinghorne, rozszerzają to ujęcie o aspekt teologiczny, twierdząc, że ewolucyjna kreatywność świata staje się pochodną Bożego aktu stwarzania. Więcej na temat teologicznych debat w obrębie emergentyzmu można znaleźć w: Ph. Clayton, Z. Simpson (red.), *The Oxford Handbook of Religion and Science*, Oxford University Press, Oxford 2006, s. 749–818.

⁶⁵ Por. Ph. Clayton, *Emergence: Us from It* [w:] J.D. Barrow et al. (red.), *Science and Ultimate Reality: Quantum Theory, Cosmology and Complexity*, Cambridge University Press, Cambridge 2004, s. 577–606; Ph. Clayton, *Mind...*, *op. cit.*, s. 40–42; R. Poczobut, *System...*, *op. cit.*, s. 11–38; R. Poczobut, *Między redukcją...*, *op. cit.*, s. 79–80.

Bibliografia

- S. Achim, *Emergence – A Systematic View on Its Historical Aspects* [w:] A. Beckermann *et al.* (red.), *Emergence or Reduction? Essays on the Prospects of Nonreductive Physicalism*, Walter de Gruyter, Berlin 1992, s. 25–48.
- M. Arbib, *Schema Theory* [w:] S. Shapiro (red.), *The Encyclopedia of Artificial Intelligence*, Wiley, New York 1992, s. 1427–1443.
- M. Arbib, *W stronę neurobiologii osoby* [w:] *Stwórca – Wszechświat – Człowiek*, Vatican Observatory Publications, Vatican City State, Center for Theology and the Natural Sciences, Berkley, CA 1999, s. 445–486.
- V.C. Archinov, Ch. Fuchs, *Preface*, [w:] *iidem* (red.), *Causality, Emergence, Self-Organisation*, NIA-Priroda, Moscow 2003, s. 5–18.
- M.A. Bedau, P. Humphreys, *Preface* [w:] *iidem* (red.), *Emergence: Contemporary Readings in Philosophy and Science*, MIT Press, London 2008, s. ix–x.
- J. Bremer, *Jak to jest być świadomym*, IFiS, Warszawa 2005.
- J. Bremer, *Problem umysł-ciało. Wprowadzenie*, Wydawnictwo WAM, Kraków 2001.
- Ch.D. Broad, *The Mind and Its Place in Nature*, Kegan Paul, London 1925.
- D.T. Campbell, *Downward Causation in Hierarchically Organised Biological Systems* [w:] F.J. Ayala, T. Dobzhansky (red.), *Studies in the Philosophy of Biology: Reduction and Related Problems*, University of California Press, Berkeley 1974, s. 179–186.

- N.A. Campbell, J. B. Reece, *Biology*, Benjamin Cummings, San Francisco 2005.
- Ph. Clayton, *Emergence: Us from It* [w:] J.D. Barrow *et al.* (red.), *Science and Ultimate Reality: Quantum Theory, Cosmology and Complexity*, Cambridge University Press, Cambridge 2004, s. 577–606.
- Ph. Clayton, *Conceptual Foundations of Emergence Theory* [w:] Ph. Clayton, P.C.W. Davies (red.), *The Re-Emergence of Emergence: The Emergentist Hypothesis from Science to Religion*, Oxford University Press, Oxford 2008, s. 1–34.
- Ph. Clayton, *Mind and Emergence: From Quantum to Consciousness*, Oxford University Press, Oxford 2008.
- Ph. Clayton, Z. Simpson (red.), *The Oxford Handbook of Religion and Science*, Oxford University Press, Oxford 2006, s. 749–818.
- T. Crane, *The Significance of Emergence* [w:] C. Gillett, B. Loewer (red.), *Physicalism and Its Discontents*, Cambridge University Press, Cambridge 2001, s. 207–224.
- T.W. Deacon, *The Hierarchic Logic of Emergence: Untangling the Interdependence of Evolution and Self-Organization* [w:] H. Bruce *et al.* (red.), *Evolution and Learning: The Baldwin Effect Reconsidered*, MIT Press, Cambridge 2003, s. 273–308.
- T.W. Deacon, *The Symbolic Species: The Co-Evolution of Language and the Brain*, Penguin, London 1997.
- K. Devlin, *Mathematics: The Science of Patterns*, Henry Holt & Company, New York 1996.
- G.M. Edelman, *Neural Darwinism: The Theory of Neuronal Group Selection*, Oxford University Press, Oxford 1989.

- Ch.N. El-Hani, A.M. Pereira, *Higher-Level Descriptions: Why Should We Preserve Them?* [w:] R.B. Andersen et al. (red.), *Downward Causation: Minds, Bodies and Matter*, Aarhus University Press, Aarhus 2000, s. 118–142.
- G.F.R. Ellis, *Physics, complexity, and causality*, „Nature” 2005, 435: 743.
- G.F.R. Ellis, *Physics and the real world*, „Foundations of Physics” 2006, 26, s. 227–236.
- G.F.R. Ellis, *Top-down Causation, and the Human Brain* [w:] N. Murphy, G.F.R. Ellis, T. O’Connor (red.), *Downward Causation and the Neurobiology of Free Will*, Springer-Verlag, Berlin–Heidelberg 2009, s. 53–81.
- S. Kauffman, *At Home in the Universe: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity*, Oxford University Press, New York 1996.
- S. Kauffman, *Investigations*, Oxford University Press, New York 2000.
- S. Kauffman, *Whispers from Carnot: The Origins of Order and Principles of Adaptation in Complex Nonequilibrium Systems* [w:] G. Cowen et al. (red.), *Sante Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity, Proceedings*, vol. 19, s. 83–136.
- J. Kim, *Mit nieredukcyjnego materializmu* [w:] M. Miłkowski, R. Poczobut (red.), *Analityczna metafizyka umysłu. Najnowsze kontrowersje*, IFiS PAN, Warszawa 2008, s. 76–98.
- Ch. Koch, *The Quest for Consciousness: A Neurobiological Approach*, Roberts and Company, Englewood 2004; przekład polski: Ch. Koch, *Neurobiologia na tropie świadomości*, przeł.

- G. Hess, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 2008.
- W. Korohoda, *Myśli i opinie wybranych przyrodników o emergencji i redukcjonizmie w biologii* [w:] M. Heller, J. Mączka (red.), *Struktura i emergencja*, PAU–OBI–Biblos, Kraków–Tarnów 2006, s. 161–172.
- G.H. Lewes, *Problems of Life and Mind*, Kegan Paul, Trench, Turner & Co., London 1875.
- P.L. Luisi, *Emergence in chemistry: chemistry as the embodiment of emergence*, „Foundations of Chemistry” 2002, 4, s. 183–200.
- J.S. Mill, *A System of Logic*, Longmans, London 1843; [przedruk w:] J. Robson (red.), *Collected Works*, vol. 7, t. I, Toronto 1962, s. 575–580; przekład polski: J.S. Mill, *System logiki*, przeł. C. Znamierowski, PWN, Warszawa 1962.
- D. Newman, *Emergence and strange attractors*, „Philosophy of Science” 1996, 63, s. 245–261.
- A.R. Peacocke, *An Introduction to the Physical Chemistry of Biological Organization*, Oxford University Press, Oxford 1989.
- R. Poczobut, *Emergencja a redukcja, czyli o miejscu umysłu w otwartym wszechświecie*, „Filozofia Nauki” 2003, 11, s. 93–108.
- R. Poczobut, *System – struktura – emergencja* [w:] M. Heller, J. Mączka (red.), *Struktura i emergencja*, PAU–OBI–Biblos, Kraków–Tarnów 2006, s. 11–38.
- R. Poczobut, *Między redukcją a emergencją*, Monografie FNP, Wrocław 2009, s. 86–89.
- A. Samuel, *Space, Time and Deity*, Macmillan, London 1920.

- A. Scott, *Stairway to the Mind*, Springer, New York 1995; przekład polski: *Schody do umysłu*, przeł. H. Barańska, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1999.
- M. Silberstein, J. McGeever, *The search for ontological emergence*, „Philosophical Quarterly” 1999, 49, s. 187.
- R.W. Sperry, *Macro- versus micro-reductionism*, „Philosophy of Science” 1960, 53, s. 265–270.
- W. Strawiański, *Jedność nauki, redukcja, emergencja*, Fundacja Aletheia, Warszawa 1997, s. 171–172.
- A.S. Tanenbaum, *Structured Computer Organization*, Prentice Hall, Englewood Cliffs 1990.
- R. van Gulick, *Who's in Charge Here? And Who's Doing All the Work?* [w:] J. Heil, A. Mele (red.), *Mental Causation*, Clarendon, Oxford 1995, s. 233–256.
- R. van Gulick, *Redukcja, emergencja i inne nowsze zjawiska* [w:] M. Miłkowski, R. Poczobut (red.), *Analityczna metafizyka umysłu. Najnowsze kontrowersje*, IFiS PAN, Warszawa 2008, s. 144–190.

Zagadnienie redukcjonizmu w filozofii biologii

Joanna Luc
Uniwersytet Jagielloński, Instytut Filozofii

The Issue of Reductionism in the Philosophy of Biology

Abstract

The aim of this article was to present one of the methods of reconciling of epistemological antireductionism and ontological physicalism, which explains differences between sciences, through an ontological picture of the most general structure of reality. The main thesis held that accepting this perspective allows us to achieve the above-mentioned reconciliation. First, the main arguments for and against physical reductionism, were described before the ontological assumptions were presented; then the assumptions was analysed in the light of this ontological construction as well as some facts from the fields of methodology and the history of natural sciences. Finally, some conclusions were drawn from the presented vision. They were connected with the epistemological status of analogy and methodological postulate of simplicity.

Keywords:

reductionism, antireductionism, eliminativism, physicalism, philosophy of biology, complex systems.

Zagadnienie redukcji

Jednym z najważniejszych zagadnień filozofii nauki jest wielość nauk, ich odmienność i wzajemny stosunek (choć te problemy są zapewne podejmowane rzadziej niż powinny, na korzyść zagadnień dotyczących wszystkich nauk bądź wyłącznych dla najbardziej podstawowej z nich, tj. fizyki). W kwestii owego wzajemnego stosunku rozważane są trzy główne stanowiska: redukcjonizm, antyredukcjonizm i eliminatywizm¹. Nasza uwaga skoncentruje się tutaj na biologii, choć wnioski dotyczyć będą w zasadzie wszystkich nauk badających objekty złożone.

Jak podaje Alex Rosenberg i Daniel W. McShea, redukcjonizm w kwestii biologii mówi, że nie istnieją nieredukowalne biologiczne własności ani wyjaśnienia (są to, odpowiednio, pojęciowa i nomologiczna wersja redukcjonizmu). Z kolei na antyredukcjonizm składają się dwie tezy epistemologiczne (dotyczące relacji między wiedzą biologiczną a fizyczną): fizyka nie może dostarczyć podstawy wyjaśniania tez biologii; wiele biologicznych teorii jest w pełni adekwatnych do wyjaśnienia ich dziedziny. Odrębnym zagadnieniem jest fizykalizm, tj. teza metafizyczna głosząca, że podstawowymi faktami w świecie są fakty fizyczne i to (tylko) one budują wszystkie pozostałe fakty (można to w zależności od ontologii przeformułować, mówiąc

¹ Zob. np. A. Rosenberg, D.W. McShea, *Reductionism about Biology* [w:] *idem, Philosophy of Biology. A Contemporary Introduction*, Routledge, New York 2008, s. 97–100.

o własnościach, obiektach itp. zamiast o faktach). Wydaje się, że fizykalizm jest dość powszechnie uznawany, natomiast redukcjonizm – nie, co na pierwszy rzut oka może sprawiać wrażenie niespójności. Dylemat ten można podsumować następująco: redukcja innych nauk do fizyki jest przedsięwzięciem niewiarygodnym, ale równie nieatrakcyjne jest założenie istnienia sił i obiektów innych niż fizyczne².

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie jednego ze sposobów pogodzenia antyredukcjonizmu z fizykalizmem – takiego, który wyjaśniałby odmienności zachodzące pomiędzy różnymi naukami. Uczynię to, opierając się na pewnym ontologicznym obrazie najogólniejszej struktury rzeczywistości, a główna teza będzie taka: przyjęcie tego obrazu umożliwia dokonanie wspomnianego pogodzenia. Najpierw dokonam przeglądu argumentów za i przeciw redukcjonizmowi, następnie przejdę do założeń konstrukcji ontologicznej, potem rozpatrzę argumenty w świetle tej konstrukcji oraz pewnych faktów z zakresu metodologii nauk, a na końcu wyciągnę pewne dodatkowe wnioski.

Argumenty za i przeciw redukcjonizmowi

Najprostszy argument za redukcjonizmem jest taki, że skoro w obiektach biologicznych czy społecznych nie ma elementów

² T. Baldwin, *Zwrot naturalistyczny* [w:] P. Gutowski, T. Szubka (red.), *Filozofia brytyjska u schyłku XX wieku*, Towarzystwo Naukowe KUL, Lublin 1998, s. 401.

ani sił, które nie byłyby fizykalne, to znajomość własności tych elementów i sił powinna wystarczyć do poznania owych obiektów. Najpopularniejszy zarzut, jaki się w tym kontekście pojawia, brzmi, że przecież całość nie jest sumą części; wydaje się jednak, że jest on odpowiedzią na tezę, której nikt nie głosił, trudno zresztą stwierdzić, czym taka suma miałaby być (jeśli np. rozmieszczeniem części obok siebie w przestrzeni, to już mamy relacje przestrzenne, a nie tylko same części). Przyjrzyjmy się jednak bardziej szczegółowym rozważaniom i subtelniejszym argumentom.

Na podstawie podręcznika do filozofii biologii autorstwa A. Rosenberga i D.W. McShea³ oraz artykułu Szczepana W. Ślaga, *Życie – ewolucja*⁴ można następująco podsumować dyskusję w sprawie redukcjonizmu i antyredukcjonizmu w kwestii biologii:

1. Argumenty za redukcjonizmem:

- a. jeśli wszystkie fakty są faktami fizycznymi, to redukcja powinna być w zasadzie możliwa (choć ze względu na nasze ograniczenia komputacyjne może się nigdy nie udać)
- b. jego słuszność jest potwierdzona przez kierunek rozwoju nauki od XVII wieku (historia nauki jest historią udanych redukcji); od 1953 roku⁵ biologia też podążyła za tym trendem.

³ A. Rosenberg, D.W. McShea, *Reductionism about Biology*, *op. cit.*

⁴ S.W. Ślaga, *Życie – ewolucja* [w:] M. Heller, M. Lubański, S.W. Ślaga, *Zagadnienia filozoficzne współczesnej nauk: wstęp do filozofii przyrody*, Wydawnictwo Akademii Teologii Katolickiej, Warszawa 1997, s. 285–411.

⁵ Badania nad strukturą DNA Cricka i Watsona.

2. Argumenty przeciw redukcjonizmowi:

- a. istnieją prawdziwe, nieredukowalne biologiczne własności (i, co za tym idzie, pojęcia), o czym świadczy fakt, że mają one cechy, których nie posiadają własności pojęcia fizykalne; są to:
 - historyczność (odwoływanie się do stanów organizmów, które są unikatowe i przemijające)
 - relacyjność (ujmowanie części w odniesieniu do całości)
 - funkcjonalność (wskazywanie na wyróżnioną funkcję danego elementu w całości systemu żywego)
 - politypiczność (każde indywiduum z danej klasy ma wiele (zwykle nie wszystkie) cech z danego zbioru i każda cecha z tego zbioru przysługuje wielu (zwykle nie wszystkim) indywiduom tej klasy)
- b. istnieją prawdziwe, nieredukowalne biologiczne fakty i to już na poziomie biologii molekularnej; bycie komórką, genem itp. (definiowane funkcjonalnie) superwenuje na zbiorze fizycznych własności
- c. makromolekuły mają własności zależne od relacji między ich atomami, więc nie można wyjaśnić tego typu całości przez odwołanie się do własności fizykalnych ich części
 - możliwa odpowiedź: redukcjonista może brać pod uwagę wszystkie fizyczne fakty, także relacje; ale według niektórych antyredukcjonistów to nie byłby już redukcjonizm
- d. nie można zredukować praw biologicznych do fizycznych, bo prawa biologiczne nie istnieją („prawa” Mendla nie są

prawami, tylko opisami lokalnych układów zaistniałych na Ziemi w wyniku naturalnej selekcji i przy danych warunkach wyjściowych)

- możliwa odpowiedź: redukcja nie ma dotyczyć praw biologii, ale wyjaśnienia przez fizyczne prawa i własności systemów i procesów biologicznych
- e. genetyka Mendla i ewolucyjna nie dają się wyprowadzić z genetyki molekularnej, bo używają terminu ‘gen’ w różnych znaczeniach: jeśli gen jest tym, co koduje daną proteinę, to ogromna liczba sekwencji kwasów musiałaby być tożsama z tym samym genem (a jeśli z tym, co koduje daną cechę fenotypową, to liczba sekwencji byłaby jeszcze większa), poza tym czasem ta sama sekwencja nukleotydów tworzy różne produkty
- f. natura selekcjonuje według efektów, a nie struktur molekularnych; efekty nierozróżnialne na wyższym poziomie organizacji mogą być realizowane przez odmienne struktury (wielokrotna realizowalność)
- możliwa odpowiedź: jest to tylko wyraz naszych epistemologicznych ograniczeń; ale redukcjonista taką odpowiedź może skwitować stwierdzeniem, że nie mamy sposobu, by się o tym przekonać
- g. możliwość *downward causation* od obiektów biologicznych do fizykalnych
- w odpowiedzi można unaocnić problematyczność takiego stanowiska w następujący sposób: niech F_1 , F_2 będą dwoma zdarzeniami fizykalnymi pozostającymi z sobą

w relacji przyczynowej, M_1 , M_2 – odpowiadającymi im zdarzeniami na poziomie makromolekularnym, a B_1 , B_2 – odpowiadającymi im zdarzeniami na poziomie biologicznym, i niech zachodzi *downward causation* od B_1 do M_2 ; wtedy antyredukcjoniści z racji tego, że są fizykalistami, muszą uznawać dwie drogi przyczynowości: 1) od P_1 do M_2 (bo jest ono identyczne z P_2) oraz 2) od B_1 do M_2 , co oznacza, że powstanie M_2 tłumaczą dwa poprawne i niekompatybilne wyjaśnienia, a więc M_2 jest zdeterminowane przez dwa wzajemnie redundantne procesy.

Problem okazał się trudny do rozwiązania. Wydaje się, że w praktyce jest traktowany zgodnie ze słowami Józefa Werle, że „zrozumienie własności skomplikowanych obiektów jest z reguły znakomicie ułatwione przez wcześniejsze poznanie własności ich podstawowych części oraz prostszych praw nimi rządzących”⁶, co może być owocną wskazówką badawczą, ale na poziomie teoretycznym okazuje się zbyt mało precyzyjne, w związku z czym stanowi raczej postawienie problemu niż jego rozwiązanie.

Inne propozycje, jakie pojawiły się we współczesnej filozofii i stanowią rodzaj drogi środka między prostym redukcjonizmem a wybujałym antyredukcjonizmem, to superweniencja i egzemplaryczny fizykalizm⁷.

⁶ J. Werle, *Jedność przyrody – rzeczywistość czy iluzja*, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław 1992, s. 33.

⁷ Zob. np. T. Baldwin, *Zwrot naturalistyczny* [w:] P. Gutowski, T. Szubka (red.), *Filozofia brytyjska...*, *op. cit.*, s. 400–401.

Egzemplaryczny fizykalizm to teza, zgodnie z którą każdy fakt biologiczny, psychologiczny, społeczny itp. jest tożsamy numerycznie z jakimś faktem fizycznym, ale nie da się ustalić odpowiedniości na poziomie typów, tzn. nie można podać dla danego typu stanu biologicznego listy odpowiadających mu stanów fizycznych (nie chodzi tu o epistemologiczną niemożliwość ustalenia takiej listy, lecz o ontologiczny brak jednoznacznych odpowiedniości między typami). Nieco mniej ogólnikowe jest drugie ze wspomnianych stanowisk. Superweniencja polega na tym, że dwa stany identyczne fizycznie muszą być identyczne także pod innymi względami (np. biologicznym, psychologicznym i socjologicznym), choć w drugą stronę jednoznaczność nie musi zachodzić (tzn. ten sam stan biologiczny może być realizowany przez różne stany fizyczne). Stanowisko to może nie być redukcjonistyczne, ponieważ owe stany biologiczne nie muszą dać się scharakteryzować przez wymienienie fizycznych warunków koniecznych i wystarczających ich zajścia. Jest to zaleta superweniencji, ale wciąż jest to stanowisko nazbyt ogólnikowe – nie mówi nic o tym, dlaczego wspomniana zależność miałaby zachodzić, w jaki sposób stan fizyczny pociąga za sobą innego typu stany, skoro nie ma między nimi systematycznych związków.

Założenia ontologiczne

Jak wszystkie tezy ontologiczne, przedstawione poniżej założenia mogą wywołać spory. Sądzę jednak, że w kontekście

nauk empirycznych część z nich nie jest bardzo kontrowersyjna, a o ten kontekst głównie nam chodzi w rozważaniach nad redukcjonizmem.

Poziomy zjawisk

W rzeczywistości można wyodrębniać rzeczy, zdarzenia i procesy o różnej złożoności. Powiemy, że jeden typ zjawisk należy do niższego poziomu niż inny, jeśli zjawiska tego drugiego typu jako swoje elementy składowe mają zjawiska pierwszego typu (np. komórki należą do niższego poziomu niż tkanki)⁸. Zakładamy tu, że owe bycie wyższym/niższym poziomem to pewna relacja przechodnia, niekoniecznie spójna, być może gęsta. Nie jest ona tożsama z teoriomnogościowym zawieraniem się zbiorów, raczej można ją utożsamić z przestrzennym byciem częścią.

Regularność i działanie

Zakładamy tutaj, że zmiany w świecie odbywają się według pewnych regularności (niekoniecznie jednoznacznych – mogą być statystyczne), nie rozstrzygając przy tym, jakie elementy czy aspekty owego świata za to odpowiadają. Doprecyzowując – zakładamy, że na poziomach, z którymi na co dzień się stykamy, oraz na niektórych niższych takie regularności występują. Ważne

⁸ Por. podobne ujęcie w W. Krajewski, *Prawa nauki. Przegląd zagadnień metodologicznych i filozoficznych*, Książka i Wiedza, Warszawa 1998, s. 237–245.

jest tu podkreślenie, czego nie rozstrzygamy: nie mówimy nic o tym, czy jest jakiś najniższy poziom i czy on jest regularny – dla naszych celów wystarczy nam regularność od pewnego momentu wzwyż. Najniższy poziom, na którym występuje regularność, nazwijmy podstawowym⁹. Kolejna rzecz, jaką zakładamy, być może najbardziej kontrowersyjna, to teza, że wszystkie regularności z poziomu wyższego niż podstawowy są efektem tylko i wyłącznie istnienia regularności na poziomie podstawowym oraz, ewentualnie, takich a nie innych warunków początkowych. Regularności z poziomu podstawowego nazwiemy prawami, natomiast z tych wyższych – prawidłowościami.

Nawet jeśli poziomy nie są uporządkowane gęsto, trudno pokusić się o kompletną ich listę. Niewątpliwie biologia obejmuje więcej niż jeden poziom – mimo to w skrócie będę tu mówić o poziomie biologicznym. Wspomniane problemy nie będą dla nas istotne, ponieważ tym, co nas szczególnie interesuje, jest relacja poziomu podstawowego do wyższych od niego, a nie relacje pomiędzy wszystkimi poziomami.

Przyczynowość

Zagadnienie przyczynowości jest szeroko dyskutowane w literaturze filozoficznej, w szczególności rozważane są trudności, na jakie natrafia intuicyjne jej pojęcie przy dokładniejszej ana-

⁹ Jeszcze raz podkreślmy, że nie należy tego mylić z poziomem najniższym w ogóle.

lizie lub zestawieniu z wnioskami z nauk (lub raczej ich filozoficznymi interpretacjami)¹⁰. Nie wchodząc tutaj w owe spory, zaznaczę tylko, że traktuję przyczynowość jako pojęcie uprawnione i chcę zachować jego rozumienie jako powodowanie czegoś przez coś. Oznacza to, że nie każda zależność, jaka jest do pomyślenia, będzie przyczynowa (np. wynikanie logiczne), ale próby podania kryteriów nie będą tu dokonywane.

Gra w życie

Przykładem pokazującym naocznie, jak nasza teza o całkowitej pochodności prawidłowości względem praw i warunków początkowych może być realizowana, jest analizowana przez Daniela Dennetta gra w życie. Działa ona następująco: mamy planszę z komórkami, czas jest traktowany jako dyskretny; w każdej kolejnej chwili każda komórka jest w jednym z dwóch stanów (włączona lub wyłączona), przy czym istnieją określone reguły włączania lub wyłączania komórki w zależności od tego, w jakim stanie w poprzedniej chwili były wszystkie komórki bezpośrednio z nią sąsiadujące¹¹. Te proste reguły pozwalają na gene-

¹⁰ Zob. np. T. Placek, *Przyczynowość* [w:] S.T. Kołodziejczyk (red.), *Przewodnik po metafizyce*, Wydawnictwo WAM, Kraków 2011, s. 355–384.

¹¹ Jeśli włączone były dwie komórki sąsiednie, to komórka nie zmienia stanu; jeśli włączone były trzy komórki sąsiednie, to zostaje włączona, zaś w pozostałych przypadkach zostaje wyłączona.

rowanie niezwykle złożonych konfiguracji¹², przy czym pewne z nich są okresowe. Potraktujmy teraz prawa włączania i wyłączania komórek jako analogon praw fizycznych. W pojawianiu się okresowych konfiguracji można dostrzec regularności (w naszej terminologii będą to prawidłowości), co pozwala przewidywać ich zachowanie bez dokonywania obliczeń na poziomie „fizycznym”, tj. bez uwzględniania zachowań pojedynczych komórek oraz praw włączania i wyłączania. Dennett nazywa je wzorcami, a ich specyfika polega na tym, że nie posiadają jednoznacznego odpowiednika na poziomie komórek, są tylko przybliżonym „konturem” ich konfiguracji (Dennett do doprecyzowania tego aspektu używa obok pojęcia wzorca pojęcia szumu – oba terminy pochodzą z dziedziny informatyki). Często ten sposób opisu będzie prostszy; co prawda ryzyko popełnienia błędu jest wykluczone tylko przy opisie „fizycznym” (zawsze może coś się „wedrzyć” w badaną konfigurację, okresowość może okazać się pozorna, a przy bardzo dużych konfiguracjach niedokładność w odczytaniu wzorca może mocno wpłynąć na przewidywania), ale często jest ono niewielkie w porównaniu z zyskiwaną wydajnością.

Gra w życie nie jest argumentem za tym, że nasz świat rzeczywiście tak wygląda, ale pokazuje po pierwsze to, że moż-

¹² Można tak symulować nawet uniwersalną maszynę Turinga, a co za tym idzie (przy założeniu obowiązywalności tezy Churcha) – wszystkie programy możliwe do wykonania przez komputer! Zob. D. Dennett, *Rzeczywiste wzorce*, przeł. M. Miłkowski [w:] M. Miłkowski, R. Poczobut (red.), *Analityczna metafizyka umysłu*, IFiS PAN, Warszawa 2008, s. 313.

liwe jest powstanie niesamowitej złożoności z bardzo prostych elementów rządzonych prostymi prawami, a po drugie, że możliwe jest istnienie prawidłowości na bardzo wysokim poziomie, mimo że realnie działające prawa istnieją tylko na poziomie podstawowym. Te dwie obserwacje, choć nie mają waloru argumentów, powinny się przysłużyć przynajmniej uczynieniu naszej tezy mniej niewiarygodną dla intuicji.

Kilka słów o metodologii nauk

Metody badawcze nauk i ich prawomocność to jedno z centralnych zagadnień filozofii nauki, więc literatura poświęcona temu tematowi jest obszerna. Najważniejsze metody czy aspekty metod to indukcja, metoda hipotetyczno-dedukcyjna oraz idealizacja, które w różnych kombinacjach i proporcjach konstytuują metodologię różnych dziedzin¹³. W ujęciu klasycznym indukcja to przejście od szczegółowych przesłanek do ogólnego wniosku, a dedukcja – na odwrót. W ujęciu współczesnym dedukcja to wszelkie rozumowanie oparte na wynikaniu logicznym (a więc może być „od ogółu do ogółu”), natomiast rozumienie indukcji również się wzbogaciło, chociażby przez wyliczenie warunków, jakie powinny spełniać szczegółowe przypadki będące jej bazą (np. kanony Milla). Nas jednak najbardziej interesuje tutaj metoda idealizacyjna, której w opracowaniach na temat nauk poświęca się zwykle mniej miejsca, niż na to zasługuje.

¹³ Zob. np. W. Krajewski, *Prawa nauki...*, *op. cit.*, s. 74–119.

Idealizacja to rozpatrywanie zjawiska w warunkach skrajnie uproszczonych¹⁴, w związku z czym założenie, że są one spełnione, zawsze lub prawie zawsze jest kontrfaktyczne. Przykłady praw idealizacyjnych to w fizyce prawo swobodnego spadania sformułowane przez Galileusza (założenie kontrfaktyczne – działa tylko siła grawitacji), Hardy’ego-Weinberga w biologii (kilka założeń idealizacyjnych, np. brak migracji, mutacji, selekcji)¹⁵. Również w humanistyce występuje analogiczne podejście, które Max Weber określił jako tworzenie typów idealnych (np. czysty feudalizm, czysty kapitalizm)¹⁶; wydaje się, że w tym przypadku przedmiot badań jest dużo bardziej złożony i stopień uproszczenia jest znacznie większy, w związku z czym formułowanie praw jest dużo trudniejsze lub nawet niemożliwe.

Jak nietrudno się domyślić, stosowanie owych idealizacyjnych pojęć i praw musi wywołać dyskusję na temat ich statusu i tego, w jakim właściwie sensie mówią one coś o rzeczywistości, skoro w sensie dosłownym nigdy nie są spełnione¹⁷. Trzy główne stanowiska, jakie się nasuwają i jakie faktycznie zajmowano, to instrumentalizm, platonizm i esencjalizm¹⁸. Według pierwszego

¹⁴ *Ibidem*, s. 104.

¹⁵ *Ibidem*, s. 108–112.

¹⁶ *Ibidem*, s. 113.

¹⁷ Jeśli potraktować takie prawo jako implikację, a koniunkcję warunków rzeczywiście zachodzących i idealizacyjnych jako jej poprzednik, to oczywiście jest ono zawsze prawdziwe, gdyż jego poprzednik jest zawsze fałszywy. Zatem mówiąc o tym, że prawo nie jest spełnione, mam na myśli spełnianie niepuste, tj. przy prawdziwym poprzedniku.

¹⁸ *Ibidem*, s. 113–115.

z nich, idealizacyjne pojęcia i prawa nie mają żadnej wartości poznawczej, są tylko skutecznym narzędziem przewidywania i porządkowania danych. Jest to stanowisko mało interesujące, bowiem nie tłumaczy, skąd bierze się owa skuteczność, a także w jaki sposób teoria stworzona na podstawie pewnych znanych faktów może przewidywać fakty nowego typu, co niewątpliwie się zdarza. Drugą skrajność reprezentuje podejście platońskie¹⁹, zgodnie z którym typy idealne mają własne istnienie, niezależne od ich niedokładnych odpowiedników poznawanych w doświadczeniu. Wydaje się jednak, że stanowisko takie niczego nie wyjaśnia, a tylko komplikuje sprawę, bo zamiast jednej problematycznej relacji (między idealizacjami a rzeczywistymi układami) mamy dwie (między idealizacjami tworzonymi przez badaczy a ich ontologicznymi odpowiednikami oraz między tymi odpowiednikami a empirycznymi zjawiskami), powstają dodatkowe problemy epistemologiczne (jak uzasadnić to, że poznajemy odrębne od zjawisk idee, skoro nasze poznanie odbywa się tylko na podstawie tych zjawisk, dla którego są one jedyną sankcją?) i metodologiczne (skoro przedmiotem badań są idee, a nie zjawiska, to czemu badacze dążą do tzw. faktualizacji swych

¹⁹ Współcześnie określenie jakiegoś stanowiska mianem „platonizmu” nie musi oznaczać rzeczywistej inspiracji ani nawet podobieństwa merytorycznego do poglądów starożytnego filozofa. Nawiązanie do niego jest raczej powierzchowne, niemniej kategoria platonizmu jest popularnym określeniem wszelkich stanowisk przypisujących własną, niezależną realność obiektom ogólnym i/lub abstrakcyjnym (np. matematycznym).

teorii²⁰, tj. systematycznego zastępowania założeń idealizacyjnych takimi, które są rzeczywiście spełnione?).

Pozostaje wreszcie trzecie stanowisko, które jak większość poglądów umiarkowanych jest najrozsądniejsze do przyjęcia, a zarazem najtrudniejsze do wysłowienia. Władysław Krajewski formułuje je następująco²¹: model odzwierciedla istotę procesu, która nigdy nie występuje w świecie w postaci czystej. By odciąć się od problematycznych rozumień pojęcia istoty, podkreśla on, że nie jest ona poznawalna apriorycznie, a jedynie empirycznie, i utożsamia ją z wewnętrzną strukturą systemu materialnego lub wewnętrznym mechanizmem materialnego procesu. Wydaje się jednak, że dochodzi tu do pomieszania dwóch rzeczy. Czym innym jest wewnętrzna struktura procesu, czyli jego niższy poziom (według naszej terminologii), a czym innym wyróżnienie w danym zjawisku aspektów centralnych i pobocznych, które może zachodzić na każdym z poziomów. Badacz społeczny piszący o czystym feudalizmie nie ma na myśli fizykalnego podłoża zjawisk ekonomiczno-społecznych, ale wśród cech opisujących te ostatnie wyróżnia kompleksy, które według niego mają kluczowe znaczenie. Nie znaczy to, że owo podłoże nie ma znaczenia, tylko że owo znaczenie jest wyłącznie ontologiczne, a nie epistemologiczne.

Stają przed nami dwie kwestie: na jakiej zasadzie przebiega dobór cech istotnych i odróżnienie ich od nieistotnych oraz na czym polega ontologiczne znaczenie podłoża fizykalnego dla

²⁰ *Ibidem*, s. 107–108.

²¹ *Ibidem*, s. 114–115.

zjawisk z poziomów wyższych, które nie przekłada się na jego znaczenie epistemologiczne?

Sądzę, że są różne podejścia do zagadnienia istotności, w zależności od rodzaju badań. Dla zjawisk opisywanych ilościowo za nieistotne uznamy te czynniki, których wkład liczbowy w ostateczną wartość danej wielkości jest stosunkowo niewielki (np. badając spadanie większości ciał, możemy pominać opory powietrza i inne siły i dzięki temu zastosować prawo sformułowane przez Galileusza). Z kolei przy opisach jakościowych sprawa jest subtelniejsza i bardziej skomplikowana, ale wciąż można chyba wyróżnić dwa stosunkowo proste konceptualnie podejścia: dana cecha jest istotna, jeśli ma związek z aspektem, pod jakim badamy dane zjawiska (przykład z archeologii: jeśli interesuje nas bardziej mentalność pierwotna, będziemy klasyfikować artefakty na podstawie ich funkcji, tak jak to czynili ich użytkownicy, a jeśli chcemy poznać wzajemne wpływy technik wytwórczych, będziemy klasyfikować artefakty pod względem sposobu wykonania), bądź jeśli należy do kompleksu cech, które często współwystępują (wracając do przykładu z archeologii – podejściu temu odpowiada metoda klasyfikacji wielowymiarowej, w której grupuje się cechy za pomocą metod matematycznych w zależności od częstości ich współwystępowania)²²; przy czym często w praktyce mamy do czynienia z kombinacją obu podejść.

²² Por. Z. Kobyliński, *Problemy klasyfikacji zjawisk kulturowych w archeologii* [w:] J. Piontek (red.), *Pojęcie cechy w naukach biologicznych*, UAM, Poznań 1992, s. 15–34.

Przejdźmy teraz do kwestii drugiej. Pojęcia i prawa idealizacyjne mogą być potraktowane jako wspomniane wyżej wzorce w sensie Dennetta. Każdy wzorzec jest wzorcem struktury jakichś obiektów lub ich układu, więc spełniony jest postulat egzemplarycznego fizykalizmu. Zmiany na poziomie wzorców nie mogą zajść bez zmian elementów poziomu podstawowego (gdyż są tylko wypadkową zdarzeń z tego poziomu), więc spełniony jest postulat superweniencji. Istnieje również jednoznaczna odpowiedniość między zmianami na różnych poziomach, ale jest ona niemożliwa do uchwycenia, co uniemożliwia dokonanie redukcji w sensie ścisłym. Owa niemożliwość wynika z ogromnej złożoności tych zależności; niemniej niekiedy można ją uchwycić w przybliżeniu i temu właśnie służą idealizacyjne pojęcia i prawa. Im większy stopień idealizacji, tym trudniej formułować jakieś jednoznaczne prawidłowości – dlatego zdarzają się one w naukach biologicznych (choć z zastrzeżeniami) częściej niż w naukach humanistycznych, aczkolwiek nigdzie nie są z góry wykluczone. Są one jednak w zupełności pochodną z jednej strony kształtu struktur, w jakie ułożyły się elementy poziomu podstawowego, a z drugiej praw rządzących ich zmianami na tym poziomie.

Wiarygodność tej wizji

W tym miejscu zastanowimy się, jakie argumenty przemawiają za przedstawioną wizją. W tym celu wrócimy najpierw do dys-

kusji na temat kontrowersji redukcjonizm–antyredukcjonizm przedstawionej na początku artykułu i zastanowimy się, na ile udało nam się pogodzić zwaśnione strony. Zgodnie z argumentami popierającymi redukcjonizm, redukcja jest w zasadzie możliwa, a tylko zbyt duża złożoność procesów uniemożliwia jej dokonanie. Z drugiej strony, tak jak chcieli antyredukcjoniści, istnieją specyficzne pojęcia biologiczne (psychologiczne itd.), dla których nie można podać definicji w terminach fizycznych; nie wynika to jednak z tego, że istnieją jakieś specyficzne własności czy fakty biologiczne (psychologiczne itd.), ale z idealizacyjnego, przybliżonego charakteru tych pojęć (unikamy zatem problemu podwójnej determinacji przedstawionego w punkcie 2g). To samo można powiedzieć w odniesieniu do prawidłowości odkrywanych przez nauki badające obiekty złożone.

Jeśli przedstawiona wizja jest prawdziwa, powinna ona znaleźć odzwierciedlenie w ważnych aspektach aktualnego kształtu nauk i ich historii. Rzeczywiście, działalność nauk innych niż fizyka w dużej mierze polega na dokonywaniu klasyfikacji, czyli odkrywaniu wzorców oraz badaniu częstości ich współwystępowania. Jak czytamy we współczesnym podręczniku do biologii ewolucyjnej, w rozdziale podsumowującym działalność tej dziedziny²³:

Reguły ewolucji nie istnieją bowiem „same w sobie”, tak jak np. powszechne ciężenie, lecz wynikają z reakcji organizmów na

²³ H. Krzanowska, A. Łomnicki (red.), *Zarys mechanizmów ewolucji*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995, s. 366.

otoczenie. (...) znacznie więcej od prób odkrywania praw ewolucji wyjaśniło tworzenie i doskonalenie pojęć, jak np. dobór naturalny, gen, allel itd.

Taka wizja biologii jest zrozumiała w świetle naszkicowanej wyżej wizji ontologicznej i dobrze przez nią wyjaśniana.

Wnioski poboczne

Z powyższych rozważań można wyciągnąć kilka dodatkowych wniosków, które zostaną tu tylko zasygnalizowane.

Po pierwsze, koncepcję wzorców można powiązać z poznawczą metodą analogii (nie w sensie scholastycznym, tylko potocznym), ten sam wzorec może być bowiem wynikiem ułożenia różnego rodzaju elementów. Wyjaśniałaby ona owocność analogii jako podejścia poznawczego, którego wartość może się wydać na pierwszy rzut oka wątpliwa z powodu jego nieścistości. Daleka jestem od uznawania nieścistości za cnotę poznawczą, niemniej wydaje się, że w niektórych dziedzinach, z uwagi na ich złożoność, jest ona nieunikniona i należy się jej spodziewać.

Taka jest bowiem jedna z ról najogólniejszych modeli rzeczywistości – mówią nam one, czego możemy się spodziewać, także w bardziej szczegółowych badaniach. W naszym przypadku, a będzie to drugi z naszych wniosków, czego innego powinniśmy się spodziewać, badając poziom podstawowy, a czego innego badając wyższe poziomy o dużej złożoności. W szcze-

gólności przenoszenie postulatu prostoty z pierwszego na drugi często może być niesłuszne; przy badaniu złożonych obiektów rządzonych przez złożone prawidłowości nie powinniśmy się spodziewać prostoty i koncepcje ją wykazujące, np. sprowadzające wszystkie językowe, psychologiczne bądź społeczne zachowania do jednego czynnika, są z góry podejrzane o uproszczenie tak radykalne, że nie można już tego nazwać idealizacją, ale trzeba – fałszywością.

Problemy

Jak każda koncepcja filozoficzna, również i tutaj przedstawiona rodzi różnego rodzaju problemy. Najwięcej z nich zapewne będzie się wiązało z jej jądrem ontologicznym. W zasadzie wszystko w nim może być uznane za wątpliwe. W historii filozofii podważano realność przyczynowości (m.in. David Hume i następcy), możliwość wnioskowania z praktycznych sukcesów nauki o jej wartości poznawczej²⁴, a także stwierdzenia czegokolwiek o nieobserwowalnych bezpośrednio poziomach rzeczywistości (np. empiryści brytyjscy). Ponadto można się zastanawiać, czy przyjęcie koncepcji prawidłowości jako wypadkowych struktury ułożenia elementów z poziomu podstawowego i praw nimi rządzących nie angażuje zbyt wielu

²⁴ Zob. np. P. Zeidler, *Spór o status poznawczy teorii: w obronie anty-realistycznego wizerunku nauki*, Wydawnictwo Naukowe IF UAM, Poznań 1993.

niewyjaśnionych pojęć (wątpliwości może budzić np. swobodne angażowanie tu przez Dennetta pojęć informatycznych). Mimo tych (i wielu innych) trudności sędzę, że przedstawioną koncepcję wspiera wiele poważnych racji, a problemy, jakie rodzi, nie dyskwalifikują jej, lecz sugerują możliwe kierunki jej pogłębienia.

Bibliografia

- T. Baldwin, *Zwrot naturalistyczny* [w:] P. Gutowski, T. Szubka (red.), *Filozofia brytyjska u schyłku XX wieku*, Towarzystwo Naukowe KUL, Lublin 1998, s. 393–411.
- D. Dennett, *Rzeczywiste wzorce*, tłum. M. Miłkowski [w:] M. Miłkowski, R. Poczobut (red.), *Analityczna metafizyka umysłu*, IFiS PAN, Warszawa 2008 s. 299–325.
- W. Krajewski, *Prawa nauki. Przegląd zagadnień metodologicznych i filozoficznych*, Książka i Wiedza, Warszawa 1998.
- H. Krzanowska, A. Łomnicki (red.), *Zarys mechanizmów ewolucji*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1995.
- H.R. Matthews, R.A. Freedland, R.L. Miesfeld, *Biochemia i biologia molekularna w zarysie*; przeł. J. Fronk *et al.*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2000.
- K. Młynarski, *Wybrane problemy teorii ewolucji*, Wydawnictwo PiT, Kraków 2006.
- J. Piontek (red.), *Pojęcie cechy w naukach biologicznych*, UAM, Poznań 1992.

- T. Placek, *Przyczynowość* [w:] S.T. Kołodziejczyk (red.), *Przewodnik po metafizyce*, Wydawnictwo WAM, Kraków 2011, s. 355–384.
- A. Rosenberg, D.W. McShea, *Reductionism about biology* [w:] *idem, Philosophy of Biology. A Contemporary Introduction*, Routledge, New York 2008.
- W. Sady, *Spór o racjonalność naukową od Poincarego do Laudana*, Fundacja na Rzecz Nauki Polskiej, Wrocław 2000.
- S. W. Ślaga, *Życie – ewolucja* [w:] M. Heller, M. Lubański, S.W. Ślaga, *Zagadnienia filozoficzne współczesnej nauki: wstęp do filozofii przyrody*, Wydawnictwo Akademii Teologii Katolickiej, Warszawa 1997, s. 285–411.
- J. Werle, *Jedność przyrody – rzeczywistość czy iluzja*, Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wrocław 1992.
- J. Życiński, *Elementy filozofii nauki*, Wydawnictwo Biblos, Tarnów 1996.

Czy biologia jest chemią?

Recenzja książki: Addy Pross, *What Is Life? How Chemistry Becomes Biology*, Oxford University Press, Oxford 2012, ss. 200.

What Is Life? How Chemistry Becomes Biology to już druga pozycja książkowa Addy’ego Prossa, profesora chemii na Uniwersytecie Ben-Guriona w Beer Szewie¹. Z *Prologu* (s. viii–xiv) dowiadujemy się, że tym razem autor koncentruje się na dwóch kwestiach, które od stuleci zaprzatają umysły uczonych i filozofów – naturze organizmów żywych i ich powiązaniu ze światem bytów nieożywionych. Zdaniem Prossa odnalezienie konkretnej odpowiedzi na postawione w tytule książki pytanie jest nie do przecenienia, gdyż pozwala dowiedzieć się nie tylko, kim naprawdę jesteśmy, ale także lepiej zrozumieć Wszech-

świat jako całość. W połowie lat czterdziestych ubiegłego wieku Erwin Schrödinger napisał kilkudziesięciostronicową książeczkę, której chwytliwy tytuł *Czym jest życie?* bezpośrednio odnosi się do omawianych przez Prossa kwestii związanych z życiem. Pross zauważa, że choć od wydania dzieła austriackiego fizyka minęło już sześćdziesiąt pięć lat, pomimo ogromnego postępu w biologii molekularnej, udokumentowanego długą listą laureatów Nagrody Nobla, nadal nie znaleźliśmy odpowiedzi na proste i bezpośrednie pytanie zadane przez Schrödingera.

What Is Life? How Chemistry Becomes Biology jest ponowną próbą odpowiedzi na pytanie postawione przed laty przez austriackiego noblistę. Autor recenzowanej książki stoi na stanowisku, że nigdy nie zrozumimy, czym jest życie, dopóki nie uda nam się rozwiązać paradoksu do-

tyczącego jego powstania. Aby zrozumieć ten paradoks i w konsekwencji sam fenomen życia, należy odwołać się nie do fizyki ani nawet samej biologii, ale do chemii, czyli nauki, która wypełnia lukę pomiędzy fizyką i biologią. Pross pisze: „Dzięki nowo zdefiniowanej dziedzinie chemii, określonej przez Güntera von Kiedrowskiego jako ‘chemia systemowa’, rozłam istniejący pomiędzy chemią i biologią może być zmniejszony. Ponadto *główny paradygmat biologii, a mianowicie darwinizm, jest jedynie biologiczną manifestacją szerszego fizyko-chemicznego opisu sił naturalnych*. Ambitna próba połączenia biologii z chemią opiera się na idei, że w naturze istnieje pewien rodzaj stabilności, którego wcześniej nie zauważyliśmy i który określiłem mianem *dynamicznej stabilności kinetycznej*. Połączenie tej formy stabilności z darwinow-

skim poglądem na ewolucję prowadzi do powstania *ogólnej (lub poszerzonej) teorii ewolucji*, łączącej w sobie zarówno systemy biologiczne, jak i te prebiologiczne”². Omawiana przeze mnie książka jest próbą zademonstrowania, że możemy dziś sformułować taką ogólną (poszerzoną) teorię ewolucji i w konsekwencji udzielić w miarę wyczerpującej odpowiedzi na fundamentalne pytanie „czym jest życie?”. Celem najnowszej pracy Prossa jest więc pokazanie, że odpowiedzi na niektóre z głównych pytań odnoszących się do życia, w tym na klasyczne pytanie sformułowane przez Schrödingera, w końcu stały się dostępne.

Tom składa się z prologu i ośmiu rozdziałów. W końcowej części publikacji znajdujemy przypisy wraz z uwagami oraz indeks nazw i osób. Kolejne rozdziały są poświęcone naukowym i filozoficznym kwestiom zwią-

zanym z pytaniem „czym jest życie?”. Streśmy krótko poszczególne rozdziały.

Rozdział pierwszy (*Organizmy żywe są tak dziwne*, s. 1–31) jest próbą odpowiedzi na pytanie zadane w tytule rozdziału. Autor analizuje pokrótce kilka cech, które sprawiają, że życie jest czymś niezwykłym, tak różnym od materii nieożywionej. Podkreśla przy tym naszą niemożność wyjaśnienia tych właściwości.

Po pierwsze, organizmy żywe są wyjątkowo, niemal niezrozumiale złożone. W przeciwieństwie do świata bytów nieożywionych, w świecie ożywionym złożoność nie jest arbitralna, ale ściśle określona. Nawet najmniejsza strukturalna zmiana dla tej zorganizowanej złożoności może nieść dramatyczne konsekwencje. Drobne zmiany w złożonej strukturze życia mogą nawet podważyć zdolność utrzymywania się organizmu przy życiu.

Inną cechą, która sprawia, że życie jest czymś niezwykłym, tak różnym od materii nieożywionej, jest jego celowy charakter. Zarówno struktura, jak i zachowanie wszystkich organizmów żywych prowadzi do jednoznacznego i nieuniknionego wniosku – organizmy żywe zachowują się w sposób wskazujący na to, że posiadają pewien plan. Każdy organizm żywy skupia się na realizowaniu swojego planu życia: budowaniu gniazda, zdobywaniu pożywienia, chronieniu młodych, rozmnażaniu. Ten aspekt życia biologowie nazywali teleonomią. Określenie to zostało wprowadzone około pięćdziesięciu lat temu w celu odróżnienia go od terminu ‘teleologia’, który odnosi się do kosmicznych implikacji.

Jedną ze zdumiewających właściwości życia jest jego dynamiczna natura. W przeciwieństwie do zegara, którego części

są stałe i niezmiennie, każdy żywy organizm jest dynamiczny. Jego części nieustannie się zmieniają. W ciągu kilku miesięcy człowiek może się w znaczny sposób zmienić. Dosłownie wszystko, co nas tworzy, jest nieustannie zmieniane, tak że w ciągu paru tygodni stajemy się w czysto materialnym znaczeniu całkowicie różnymi osobami.

Jeszcze inną cechą, która sprawia, że życie jest czymś niezwykłym, okazuje się jego ogromne zróżnicowanie. Niesamowita różnorodność we wszystkich wspaniałych przejawach życia jest wszędzie wokół nas. Mimo że teoria Darwina jest w stanie powiązać z sobą wszystkie organizmy żywe, źródło niezwykłej różnorodności form żywych pozostaje tajemnicą.

Innym aspektem natury życia budzącym wciąż zdziwienie u badaczy jest to, iż wszystkie organizmy żywe w sensie ter-

modynamicznym są niestabilne. Przykładem jest ptak nieustannie machający skrzydłami w celu utrzymania się w powietrzu. I tak jak unoszący się ptak, wszystkie organizmy żywe muszą nieustannie pobierać energię, która umożliwia im utrzymanie stanu dalekiego od równowagi.

Cechą, która sprawia, że życie pozostaje czymś niezwykłym, jest także jego chiralna natura. Wiele z molekuł odnalezionych w żywych istotach to molekuły chiralne, co oznacza, że odbicie lustrzane molekuły nie jest identyczne z samą molekułą. Możliwe są różne klasyfikacje. Jedna z wcześniejszych, wciąż obecna w dzisiejszej biologii, to klasyfikacja 'D, L', gdzie jedna chiralna molekuła jest określona jako D (od *dextro* = prawy) oraz jej lustrzane odbicie, L (od *levo* = lewy). Budulec z aminokwasu, z którego są budowane wszystkie proteiny, oraz cukry, z których

tworzone są kwasy nukleinowe i węglowodany, wszystkie są chiralne. To, co jest jednak ważne, to że w żywych organizmach jest obecna tylko jedna chiralna forma z dwóch możliwych – cukry biologiczne są niemal wyłącznie cukrami D, a aminokwasy niemal wyłącznie aminokwasami L. Żywe organizmy są uniwersalnie homochiralne.

Zrozumienie życia będzie wymagało od nas przedstawienia jednoznacznego wyjaśnienia powyższych wyjątkowych cech życia. Jest to jedno z kluczowych wyzwań, które Pross podejmuje w swej książce.

W rozdziale drugim (*Zadanie dla teorii życia*, s. 32–42) autor charakteryzuje pokrótce różne próby zrozumienia życia, które kształtowały przez wieki nasze myślenie.

Pomysły Arystotelesa, sięgające 2000 lat wstecz, stały się szczególnie wpływowe, jako że

wyływały bezpośrednio z jego rozległych badań poświęconych żywym stworzeniom. Arystoteles dostrzegł celowość w procesach kierujących tworzeniem i utrzymywaniem życia. Sednem poglądu teleologicznego Arystotelesa jest to, że za działaniem natury kryje się jakiś odgórny cel.

Rozpoczęta w XVI wieku rewolucja naukowa, do której głównych postaci zaliczają się Kopernik, Kartezjusz, Galileusz, Newton i Bacon, radykalnie zmieniła postrzeganie przez ludzi Wszechświata oraz ich miejsca w nim. Rewolucja odrzuciła ideę o ukrytym w naturze celu i zastąpiła ją poglądem, że natura jest obiektywna, że za porządkiem natury nie kryje się żaden cel. Jednak paradoksalnie, ta rewolucyjna myśl, wraz ze zmianą w postrzeganiu przez człowieka Wszechświata, służyła jedynie zwiększeniu trudności związanych z kwestią życia.

Kolejnym dużym krokiem w tej niekończącej się dyskusji nad naturą życia była przełomowa publikacja *O powstawaniu gatunków* Karola Darwina z 1859 roku. Mimo iż Darwin dostarczył „fizyczne” wyjaśnienie tego, w jaki sposób prosta forma życia rozwinęła się w bardziej złożoną, to jednak nie wyjaśnił tego, jak nieożywiona materia została przekształcona w życie.

Gwałtowny postęp w fizyce, do którego doszło w pierwszych dwudziestu latach XX wieku, nie doprowadził do wyjaśnienia powyższej kwestii. Erwin Schrödinger, jeden z ojców mechaniki kwantowej, był w szczególności zaintrygowany dziwnym termodynamicznym zachowaniem życia. Współczesna fizyka i biologia po prostu wydawały się nie do pogodzenia. Schrödinger wywnioskował, że nie omijając ustalonych praw fizyki, żywa materia mogła wiązać

się z niepoznanymi dotąd „innymi prawami fizyki”.

Przełomowe badanie DNA dokonane w 1953 roku przez Jamesa Watsona i Francisca Cricka było początkiem prawdziwej rewolucji w naszym pojmowaniu życia. Wkrótce doszło do kolejnych ważnych odkryć. Odkryto m.in. mechanizm replikacji DNA czy syntezy białek. Paradoksalnie zagłębianie się w mechanizmach życia nie wydawało się zbliżać nas do odpowiedzi na pytanie sformułowane przez Schrödingera, a mianowicie „Czym jest życie?”, ani też do powiązanego z nim pytania „W jaki sposób powstało życie?”.

W rozdziale trzecim (*Zrozumienie 'zrozumienia'*, s. 43–57) autor koncentruje się na pojęciu „biologiczne zrozumienie”. W tym kontekście podejmuje kluczowe zagadnienie: redukcjonizm czy holizm?

Esencja podejścia redukcjonistycznego jest prosta: całość

może być pojęta w kontekście interakcji jej elementów składowych. Redukcjonistyczny plan był w szczególności obfity w naukach biologicznych. Niezwykle ważny postęp w pojmowaniu procesów biologicznych, takich jak replikacja DNA, synteza białek czy cykle metaboliczne, wywodzi się z redukjonistycznej metodologii.

Przeciwnieństwem poglądu redukjonistycznego jest nieco nowsza szkoła rozumowania, a mianowicie holizm. Podejście to może być podsumowane w następujący sposób: całość jest czymś więcej niż jedynie sumą swoich elementów składowych. Zgodnie z podejściem holistycznym niespodziewane cechy emergentne, obecne zwłaszcza w systemach złożonych, nie mogą wynikać z pojedynczych elementów systemu. W ostatnich latach holizm zyskał szczególną popularność, przede wszystkim w od-

niesieniu do nauk biologicznych, co wynika z niezwyklej złożoności nawet tak zwanych „prostych” systemów biologicznych. Ponadto doprowadził on do powstania nowej dziedziny biologii, a mianowicie biologii systemowej. „Systemowy” sposób rozumowania postrzega systemy biologiczne jako „złożone i dynamiczne struktury”, a nie jako „molekularną maszynę”, której zachowanie może być zrozumiane na podstawie analizy jej elementów składowych.

Na koniec rozdziału autor wyraża swoje osobiste stanowisko w kwestii: holizm czy redukjonizm? Píše: „Nie da się pominąć redukcji jako narzędzia wyjaśniającego w nauce, ponieważ jest ona kluczowym sposobem osiągnięcia naukowego zrozumienia. Trwające kilkadziesiąt lat poszukiwania pewnego rodzaju nieredukjonistycznej, a nawet antyredukjonistycznej metodologii

nie były dotychczas owocne. Pomimo swojej nazwy holizm może być postrzegany jedynie jako szczegółowe opracowanie redukcjonizmu. Co prawda jest ono potencjalnie cenne, ale pozostaje jedynie opracowaniem. Redukcja w jej różnych formach i odmianach była, jest i prawdopodobnie pozostanie centralnym narzędziem pojęciowym w nauce. W stopniu, do jakiego uda się odpowiedzieć na pytanie dotyczące tego, czym jest życie, wierzę, że można to osiągnąć jedynie poprzez wykorzystanie zasadniczo redukcjonistycznego podejścia, a mianowicie poprzez poszukiwanie ukrytych powiązań pomiędzy chemią i biologią, a także określenie procesu odpowiedzialnego za powstanie biologicznej złożoności. Ostatecznie różnica między materią żywą i martwą musi być zredukowana do różnic w naturze materiałów występujących w tych dwóch światach,

a w szczególności w sposobie ich wzajemnej interakcji²³.

Rozdział czwarty (*Stabilność i niestabilność*, s. 58–81) dotyczy kwestii stabilności chemicznej w strukturach żywych. W każdej żywej istocie zachodzą tysiące chemicznych reakcji, a żywa komórka, będąca podstawową jednostką, z której składa się całe życie, jest niezwykle skomplikowaną grupą tych reakcji, w jakiś sposób włączoną w całość. Sam ten fakt sprawia, że kwestia zrozumienia żywego stanu materii oraz wyjaśnienia kryjących się za nim właściwości nie jest łatwa. W tych reakcjach chemicznych, z których składa się życie, kryje się coś wyjątkowego, a zrozumienie tych wyjątkowych cech będzie celem Prossa w następnych rozdziałach. Co nadaje kierunek reakcjom chemicznym? Zdaniem autora odpowiedź tkwi w głównym prawie chemii – drugiej zasadzie termodynamiki. Chemiczne reakcje pro-

wadzą do tego, że mniej stabilna materia zmienia się w bardziej stabilną materię. Reakcje chemiczne działają w „kierunku równi pochyłej”, zmierzając w stronę bardziej stabilnych rezultatów, określonych przez coś, co nazywamy niższą „wolną energią”. Reakcje chemiczne dojdą do skutku tylko wtedy, jeśli są w zgodzie z drugą zasadą termodynamiki.

W rozdziale piątym (*Zawiła kwestia pochodzenia życia*, s. 82–110) Pross rozważa proces, który nierozłącznie prowadzi do transformacji chemii w biologię – pochodzenie życia na Ziemi, i przekonuje, dlaczego ta kwestia wciąż pozostaje kontrowersyjna.

Pytanie o pochodzenie życia ma dwa całkiem różne aspekty – historyczny i ahistoryczny. Jedynie połączone pojmowanie tych dwóch aspektów będzie nas w stanie doprowadzić do satysfakcjonującego rozwiązania. Aspekt historyczny starałby się

odpowiedzieć na pytanie „jak” – jak pojawiło się życie. Wymagałoby to rozszyfrowania właściwych chemicznych zdarzeń, które zaistniały na prebiotycznej Ziemi – właściwa chemiczna ścieżka, krok po kroku prowadząca z materii nieożywionej aż do najprostszego życia. Kluczowe pytania brzmiałyby: czym był molekularny budulec, z którego zostało zbudowane to początkowe życie? Za sprawą jakich reakcji budulec ten został uformowany, a następnie za sprawą jakich przejściowych faz przeszedł na długiej drodze ewolucji od budulca do prostego życia? Pross na kartach swej książki pokazuje, że nie tylko nie ma żadnego zrozumienia w tej kwestii, ale praktyczna wiedza dowolnego rodzaju dotycząca konkretnych warunków na prebiotycznej Ziemi pozostawia wiele do życzenia.

Z kolei ahistoryczny aspekt odnosiłby się do bardziej ogólnego

pytania: dlaczego nieożywiona materia dowolnego rodzaju, niezależnie od swojej strukturalnej tożsamości, miałyby ulec złożoności w kierunku biologicznym, doprowadzając ostatecznie do jakiejś prostej formy życia? Powyższe pytanie opiera się na założeniu, że pojawienie się życia nie było wyłącznie przypadkowym zdarzeniem, lecz indukowanym przez przyjęte fizyczno-chemiczne siły. Tym samym ahistoryczna perspektywa nie skupiałaby się na określonych molekularnych bytach określonej nieożywionej materii, lecz szukałaby ogólnej kategorii materialnej (lub materialnych), która miałaby tendencje do stania się życiem, tak samo jak odpowiednie fizyczno-chemiczne zasady, które indukowałyby te tworzywa do złożoności, aż do prostej formy życia. Analizy Prossa prowadzą do konkluzji, że tu także obraz pozostaje niepewny i wielce kontrowersyjny.

Na koniec rozdziału autor podsumowuje swoje przemyślenia na temat pochodzenia życia na Ziemi. Pisze: „Tak więc jaki możemy wyciągnąć wniosek odnośnie do pojawienia się życia na naszej planecie? Odpowiedź jest krótka: praktycznie nie, a na ten frustrujący stan ignorancji składa się kilka różnych przyczyn. W przeciwieństwie do meteorologicznego zjawiska, jakim jest opad śniegu, który doskonale znamy, nie jesteśmy w stanie zrozumieć procesów, poprzez które powstało życie, podobnie jak nie znamy towarzyszących temu warunków. W jaki sposób można ocenić prawdopodobieństwo zdarzenia, którego się nie rozumie, a towarzyszące mu warunki są nieznanne? Podobnie jak w przypadku opadu śniegu, można spróbować pewne rzeczy przewidzieć bez zrozumienia samego procesu, poprzez przyjrzenie się historycznym zapisom danego zdarzenia.

Jednak tutaj napotykaemy inną trudność. Owa historia ogranicza się do jednego przypadku. Nawet jeżeli jesteśmy świadomi, że liczba podobnych do Ziemi planet we Wszechświecie jest prawdopodobnie niezwykle duża, to znamy sytuację jedynie na jednej z nich – naszej własnej. Mając za przykład tylko jedno takie zdarzenie, nasza zdolność do osiągnięcia rozsądnego oszacowania jego prawdopodobieństwa gdziekolwiek we Wszechświecie jest w oczywisty sposób ograniczona²⁴.

W rozdziale szóstym (*Kryzys tożsamości biologii*, s. 111–121) autor koncentruje się na trudnościach, z którymi boryka się przez ostatnie lata współczesna biologia. W zasadzie trzy główne pytania w samym sercu tej kwestii pozostają nierozwiązane: „czym jest życie?”, „w jaki sposób powstało?” i „w jaki sposób można je stworzyć?”. Mimo iż te trzy pytania są na pozór niezależne,

to jednak pozostają z sobą nierozzerwalnie połączone. By móc odpowiedzieć na dowolne z tych pytań, należy znać wcześniej odpowiedź na dwa pozostałe. Nie wiemy, w jaki sposób można stworzyć życie, ponieważ nie wiemy, czym tak naprawdę jest życie. Z kolei nie wiemy, czym jest życie, ponieważ nie rozumiemy praw, które doprowadziły do jego powstania. Tak więc pomimo spektakularnych postępów w biologii molekularnej dokonanych w ciągu ostatnich sześćdziesięciu lat, sama esencja tego, co bada biologia, wciąż pozostaje niejasna. W kontekście prób biologów, by lepiej zrozumieć złożoność życia poprzez nową dziedzinę biologiczną zwaną biologią systemową, jest – zdaniem Prossa – jeszcze za wcześnie, aby wyciągnąć konkretne wnioski.

Co więc należy robić dalej? W dwóch końcowych rozdziałach Pross próbuje ukazać, w jaki spo-

sób ostatnie fascynujące wyniki badań nowo powstałej dziedziny chemii, czyli chemii systemowej, mogą dać nam w końcu jakieś konkretne odpowiedzi.

Rozdział siódmy (*Biologia jest chemią*, s. 122–159) podejmuje problem możliwej redukcji biologii do chemii. Autor stara się pokazać, że przepaść dzieląca biologię i chemię może zostać pokonana, teoria Darwina może być zintegrowana w bardziej ogólną chemiczną teorię materii żywej, a biologia jest jedynie chemią, lub też uściślając – podjednostką chemii.

W ostatnich latach ukształtowała się nowa dziedzina chemii, a mianowicie chemia systemowa. Jej celem jest znalezienie chemicznych źródeł organizacji biologicznej, co tłumaczy jej nazwę, która jest jednocześnie grą słów odnoszącą się do biologii systemowej. Jeśli postrzegamy biologię jako dziedzinę badającą wysoce zło-

zone systemy chemiczne, posiadające zdolność do replikacji i reprodukcji, wtedy chemia systemowa zajmuje się stosunkowo prostymi systemami chemicznymi, które również charakteryzują się wyjątkową zdolnością samoreplikacji. W ten sposób dziedzina ta stara się wypełnić przepaść, która nadal dzieli biologię i chemię. W przeciwieństwie do biologii systemowej, która w swoim dążeniu do wyjaśnienia złożoności życia wykorzystuje podejście „zstępujące” (*top-down*), chemia systemowa opiera się na podejściu „wstępującym” (*bottom-up*). Podczas gdy podejście zstępujące zaczyna od posiadanych informacji i schodzi w dół w celu zrozumienia sposobu, w jaki poszczególne elementy wpływają na całość, podejście wstępujące rozpoczyna od potencjalnego początku i posuwa się w górę. W kontekście życia oznacza to, że badanie jego złożoności polega na zbadaniu

krok po krok procesu, w jaki złożoność ta powstaje. Tak więc zaczynamy od pewnej początkowej prostej jednostki i poruszamy się w górę. Dlatego też największym wyzwaniem chemii systemowej jest ustalenie zasad (jeśli oczywiście takowe istnieją), które rządzą procesem powstawania złożoności ze stosunkowo prostego systemu chemicznego do wysoce złożonych systemów, które definiują współczesną biologię.

W ostatnim rozdziale (*Czym jest życie?*, s. 160–191) Pross stara się ułożyć w całość elementy składające się na niezwykle trudną zagadkę życia, którym to elementom poświęcił wcześniejsze rozdziały swej książki. Pragnie przedstawić przy tym własną teorię życia, oferującą odpowiedź na pytanie Schrödingera: „czym jest życie?”.

Pomimo złożoności życia autor wierzy, iż możemy sformułować teorię życia na podstawie

założenia, że zaczęło ono swoje istnienie w prostej formie i że jego esencja odzwierciedla jego proste początki. Badając to, co uważamy za ekwiwalent prostych początków życia, jesteśmy w stanie pojąć sedno biologii i zająć się niektórymi z podstawowych kwestii tej nauki. Jednakże, aby to zrobić, aby dotrzeć do sedna, musimy przedrzeć się przez wiele warstw złożoności i odkryć to, co się pod nimi znajduje. Złożoność powstawała stopniowo, krok po kroku, a więc musimy pojęciowo odwracać ten proces, aż dotrzemy do jego sedna. Jedynie w ten sposób będziemy w stanie odkryć esencję życia. Gdy już dotrzemy do sedna życia, będziemy w stanie zacząć pojmować sposób powstania życia i sformułować jasny pogląd dotyczący tego, czym ono naprawdę jest.

Takie podejście prowadzi Prossa do chemii systemowej, czyli chemii prostych replikujących się

systemów. Badanie prostych replikujących się systemów ujawniło istnienie wyjątkowego powiązania, a mianowicie, że teoria Darwina może być włączona w bardziej ogólną chemiczną teorię ewolucji, która obejmuje zarówno systemy żywe, jak i martwe. To właśnie ta integracja tworzy podstawy teorii życia, którą proponuje autor. Wierzy on, że zdanie sobie sprawy z faktu, iż chemia i biologia łączą się z sobą w taki fundamentalny sposób, będzie miało ważne konsekwencje. Połączenie biologii i chemii umożliwi wyjaśnienie fizycznej natury procesów ewolucyjnych, które prowadziły od prostych początków abiotycznych do złożonego życia. Poprzez odkrycie procesu łączącego materię żywą z materią nieożywioną materializuje się esencja tego, czym jest życie.

Powstanie życia zostało zainicjowane powstaniem prostego replikującego się systemu. Wy-

nika to z faktu, że to pozornie niezbyt ważne zdarzenie otwarło drzwi do całkowicie odmiennego rodzaju chemii, tj. chemii replikacji. Badanie świata chemii replikacji pomaga w zrozumieniu, dlaczego prosty pierwotny replikujący się system z czasem stawał się coraz bardziej złożony. Przyczyną takiej sytuacji jest chęć zwiększenia swojej stabilności, a dokładnie dynamicznej stabilności kinetycznej (DKS).

Chociaż życie jest niezwykle złożonym zjawiskiem, zasada życia pozostaje zaskakująco prosta. Życie jest jedynie siecią wynikłą z reakcji chemicznych, która powstaje z ciągłego cyklu replikacji, mutacji, procesu zwiększania złożoności i selekcji, opierając swoje działanie na konkretnych molekułach przypominających łańcuch. W przypadku życia na Ziemi są to kwasy nukleinowe. Stąd życie jest chemicznym skutkiem wynikającym z siły wzro-

stu wykładniczego działającego na podstawie replikujących się systemów chemicznych.

W końcowych zdaniach książki autor jeszcze raz odnosi się do zawartego w tytule pytania, postawionego przed laty przez austriackiego fizyka. Zacytujmy ten fragment: „Celem tej książki było pokazanie, że odpowiedzi na niektóre z głównych pytań odnoszących się do życia, w tym na klasyczne pytanie sformułowane przez Schrödingera, w końcu stały się dostępne. Nadzwyczajne moce nauki, a w szczególności metody indukcyjnej, zrewolucjonizowały nasze życie oraz nasz sposób pojmowania świata, i to w stopniu, jakiego nie byliśmy w stanie przewidzieć nawet sto lat temu. Dzięki niezwykłemu postępowi naukowemu, jakiego dokonaliśmy w ciągu ostatnich stu pięćdziesięciu lat, od rewolucji Darwina w biologicznym sposobie

myślenia po ekscytujące nowe odkrycia w chemii systemowej, biologia i chemia w końcu łączą się i stają się jedną nauką. Rewolucja darwinowska może zbliżyć się do swojego ostatecznego celu, który Karol Darwin przewidział już sto trzydzieści lat temu. Chodzi tu o integrację nauk biologicznych z naukami fizycznymi. To połączenie się dwóch nauk oznacza, że w granicach, jakie te nauki nam narzucają, możemy zacząć pojmować, czym jest życie, dlaczego powstało, w jaki sposób ludzie – gałązka drzewa życia – wraz z innymi formami żywymi są powiązani ze światem materialnym i wszechświatem jako całość, i dlaczego pomimo bezwzględnej surowości poglądu Darwina jesteśmy powiązani z sobą, dlaczego w pewnym głębszym sensie jesteśmy jednością. Czy to fundamentalne powiązanie życia jest promykiem nadziei ludzkości, jed-

nością, którą Stephen Hawking nazwał ‘chemicznym osadem na planecie o umiarkowanej wielkości’? Czas pokaże”⁵.

Praca *What Is Life? How Chemistry Becomes Biology* zasługuje na szczególne uznanie. Addy Pross, uznany na świecie specjalista w dziedzinie chemii, postawił sobie ambitny cel: sformułować nową teorię życia oferującą odpowiedź na historyczne pytanie Schrödingera „Czym jest życie?”, które od dziesiątków lat przykuwało i wciąż przykuwa uwagę przyrodników oraz filozofów⁶. Przedstawiona w książce teoria życia ma w zamyśle autora wyjaśnić za pomocą prostych pojęć chemicznych, dlaczego życie charakteryzuje się wyjątkowymi właściwościami i cechami, a także przybliżyć zasady tłumaczące proces, poprzez który życie powstało z materii nieożywionej. W świetle zarysowanej teorii życia Pross chce przedsta-

wić nowe spojrzenie na charakterystyczne cechy życia, takie jak jego złożoność, teleonomiczny i dynamiczny charakter, różnorodność, daleki od równowagi stan oraz chiralny charakter. Zrozumienie natury dynamicznej stabilności kinetycznej (DKS) ma, jak przekonuje Pross, objaśnić te charakterystyczne właściwości fenomenu życia.

Propozycja izraelskiego uczonego wpisuje się w długą historię wciąż trwającego i niesłabnącego sporu o naturę życia, sporu, w który są zaangażowani zarówno przyrodnicy, jak i filozofowie, sporu liczonego nie w dziesiątkach, ale setkach lat. Zarysowana w książce próba odpowiedzi na pytanie „czym jest życie?” zawiera wiele nowych, oryginalnych wątków. Kluczową tezę, będącą zarazem tytułem jednego z rozdziałów (biologia jest chemią), autor stara się uzasadnić i poprzeć konkretnymi, rze-

czowymi argumentami. Addy Pross bez wątpienia jest dociekliwym badaczem, który imponuje swą wiedzą i głębokim wniknięciem w istotę problemu związanego z pytaniem o istotę życia. Recenzowana publikacja podejmuje problematykę na tyle ciekawą i pouczającą, że może stać się inspiracją do dalszych samodzielnych poszukiwań pełnego zrozumienia życia. Gorąco polecam lekturę tej książki osobom, których fascynuje fenomen życia i jego tajemnica.

Mirosław Twardowski

¹ W 1995 r. ukazała się inna książka Addy'ego Prossa: *Theoretical and Physical Principles of Organic Reactivity*, Wiley, New York.

² A. Pross, *What Is Life? How Chemistry Becomes Biology*, Oxford University Press, Oxford 2012, s. xiii.

³ *Ibidem*, s. 57.

⁴ *Ibidem*, s. 109–110.

⁵ *Ibidem*, s. 190–191.

⁶ Choć *What Is Life? How Chemistry Becomes Biology* jest pierwszą pozycją książkową Addy'ego Pross-

sa podejmującą historyczne pytanie Schrödingera, nie jest pierwszą próbą tego autora zmierzenia się z owym fundamentalnym pytaniem. Wątki przewijające się przez kolejne stronicie recenzowanej książki izraelski chemik rozwija już od lat, co ma odzwierciedlenie w wielu jego wcześniejszych, mniej obszernych publikacjach. Przywołajmy kilka z nich.

The Driving Force for Life's Emergence: Kinetic and Thermodynamic Considerations, „Journal of Theoretical Biology” 2003, 3 (220), s. 393–406: autor przedstawia swój własny teoretyczny program rozumienia siły napędowej ewolucji, którego esencją jest założenie, że życie to zjawisko kinetyczne pochodzące od kinetycznych skutków procesu autokatalizy działających na podstawie określonych systemów biopolimerycznych, co jest prawdziwe na wszystkich fazach ewolucji życia – od prymitywnych do złożonych form życiowych.

Extending the Concept of Kinetic Stability: Toward a Paradigm for Life, „Journal of Physical Organic Chemistry” 2004, 4 (17), s. 312–316: Pross wprowadza pojęcie dynamicznej stabilności kinetycznej (the concept of dynamic kinetic stability) jako sposobu na włączenie systemów żywych w plan fizyko-chemiczny.

Causation and the Origin of Life: Metabolism or Replication

First?, „Origins of Life and Evolution of the Biospheres” 2004, 3 (34), s. 307–321: autor zajmuje się analizą mechanizmów wyjaśniających powstanie życia, tj. mechanizmu „najpierw metabolizm” (metabolism first) i mechanizmu „najpierw replikacja” (replication first), będących w centrum współczesnej debaty nad pochodzeniem życia, sam opowiadając się za drugim z wymienionych.

On the Emergence of Biological Complexity: Life as a Kinetic State of Matter, „Origins of Life and Evolution of Biospheres” 2005, 3 (35), s. 151–166: Pross przedstawia swój własny model wyjaśniania natury wzrostu złożoności biologicznej, którego esencją jest twierdzenie, że w przeciwieństwie do tradycyjnych systemów termodynamicznych dominujących w świecie nieożywionym, systemy żywe stanowią kinetyczny stan materii, co potwierdza pogląd, zgodnie z którym życie jest szczególną manifestacją chemii replikacyjnej.

On the Chemical Nature and Origin of Teleonomy, „Origins of Life and Evolution of Biospheres” 2005, 4 (35), s. 383–394: autor podejmuje temat fizyko-chemicznej charakterystyki zdarzenia teleonomicznego oraz procesu fizyko-chemicznego, dzięki któremu systemy teleonomiczne mogły powstać z systemów nieteleonomicznych.

Stability in Chemistry and Biology: Life as a Kinetic State of Mat-

ter, „Pure and Applied Chemistry” 2005, 11 (77), s. 1905–1921: Pross opisuje szczegółowo kinetyczny model oparty na założeniu dynamicznej stabilności kinetycznej dążącej do włączenia systemów żywych w konwencjonalny fizyko-chemiczny plan.

Toward a General Theory of Evolution: Extending Darwinian Theory to Inanimate Matter, „Journal of Systems Chemistry” 2011, 1 (2), s. 1–14: autor poszerza i ponownie formułuje teorię Darwina za pomocą pojęć fizyko-chemicznych, tak by była dostosowana zarówno do systemów żywych, jak i nieożywionych, i w ten sposób pomogła zakończyć podział pomiędzy tymi naukami; poszerzone sformułowanie jest oparte na zaproponowanym niedawno pojęciu dynamicznej stabilności kinetycznej oraz danych pochodzących z nowo powstałej dziedziny chemii systemowej.

How Can a Chemical System Act Purposefully? Bridging between Life and Non-Life, „Journal of Physical Organic Chemistry” 2008, 7–8 (21), s. 724–730: Pross pokazuje, że nieco niejednoznacznemu pojęciu celu można nadać dokładne znaczenie fizyko-chemiczne i pokazać, iż wywodzi się ono bezpośrednio z potężnego kinetycznego charakteru reakcji replikacji.

Seeking the Chemical Roots of Darwinism: Bridging between Chemistry and Biology, „Chemistry

stry: a European Journal” 2009, 15, s. 8374–8381: autor koncentruje się na analizie dwóch odmiennych rodzajów stabilności: stabilności termodynamicznej, powiązanej z „normalnymi” systemami chemicznymi, oraz dynamicznej stabilności kinetycznej, powiązanej z systemami replikującymi się.

Selection Advantage of Metabolic over Non-metabolic Repli-

cators: A Kinetic Analysis, „Bio-Systems” 2009, 2 (99), s. 126–129: Pross prezentuje kinetyczną analizę i symulację reakcji replikacji dwóch konkurujących z sobą replikatorów: jednego niemetalicznego (termodynamiczny), a drugiego metabolicznego.

Wszystkie powyższe wątki Addy Pross zbiera i uzupełnia w swej najnowszej książce.

O regułach w nowym świetle

Recenzja książki: Bartosz Brożek,
*Rule-Following. From Imitation to
the Normative Mind*, Copernicus
Center Press, Kraków 2013, ss. 234.

W celu rozwiązania nurtujących ich problemów, filozofowie coraz częściej korzystają z teorii oraz danych pochodzących z nauk biologicznych, w szczególności teorii ewolucji oraz szeroko rozumianej neuronauki. Najnowsza, już dziewiąta, książka krakowskiego filozofa Bartosza Brożka zatytułowana *Rule-Following. From Imitation to the Normative Mind* (Kierowanie się regułą. Od imitacji do normatywnego umysłu) wpisuje się w tę tendencję. Myli się jednak ten, kto sądzi, że proste czy wręcz „mechaniczne” przenoszenie wyników nauk przyrodniczych na grunt filozofii może prowadzić do warto-

ściowych i ciekawych rezultatów. Uprawianie filozofii w kontekście nauki nie jest sztuką łatwą – świadczą o tym liczne przykłady niepowodzeń (których doświadczają nieraz bardzo znani uczeni oraz ich czytelnicy).

Bartosz Brożek nie tylko zdaje sobie sprawę z trudności, ale także udowadnia, że potrafi przeprowadzić „intelektualną operację” zastosowania wyników nauk biologicznych, by rzucić nowe światło na ważki filozoficzny problem. Problemem tym jest kierowanie się regułą (tytułowe *rule-following*). Jak dobrze wiadomo, zagadnienie to nurtowało Ludwiga Wittgensteina w *Dociekaniach filozoficznych*. Nie jest on jednak jedynym filozoficznym bohaterem książki. W konstruowanej przez Brożka ontologii reguły istotną rolę odgrywa także Karl Popper i jego koncepcja trzech światów. Na kartach *Rule-Following...* wielokrotnie spoty-

kamy też Davida Hume'a i myślicieli zmagających się z jego „gilotyną” (która za sprawą Moore'a odrodziła się w postaci „błędu naturalistycznego”).

Jeśli zaś chodzi o płaszczyznę biologiczną, Brożek korzysta z różnych teorii wypracowanych na styku neuronauki poznawczej oraz teorii ewolucji. Teorie te są wspierane badaniami w zakresie psychologii rozwojowej i prymatologii. Dla problemu kierowania się regułą istotne są w szczególności neuronalne mechanizmy sprzyjające wiernemu kopiowaniu wzorców zachowań. Przez to ostatnie – nazywane często imitacją – należy rozumieć zarówno kopiowanie *celu*, jak i *sposobu* jego osiągnięcia. Badacze umysłu, zachowań i kultury, tacy jak Michael Tomasello, podkreślają, że jedynie *Homo sapiens* wykazuje zarówno zdolność, jak i tendencję do imitowania zachowań innych osobników. Dzięki temu

jest zdolny do tworzenia kultury, która podlega swojej własnej, kumulatywnej ewolucji. Powołując się na prace Giacomo Rizzolattiego i jego współpracowników, Brożek przytacza hipotezę, zgodnie z którą neuronalną architekturą dla imitacji jest system neuronów lustrzanych (komórek nerwowych, które są aktywowane w odpowiedzi na sygnały pochodzące z więcej niż jednej modalności).

Kierowanie się regułą ma wiele twarzy. Mówiąc precyzyjniej, kierowanie się regułami przejawia się na wielu polach aktywności poznawczej człowieka, takich jak: język, moralność oraz matematyka. Są one omawiane szczegółowo w prologu, sześciu rozdziałach oraz epilogu. Nie będę analizował szczegółowo treści każdego z rozdziałów – wspomnę tylko, że pierwszy z nich zatytułowany jest *Wittgenstein's insights* (Wglądy Wittgenste-

ina), drugi – *Imitation* (Imitacja), trzeci – *Is meaning normative?* (Czy znaczenie jest normatywne?), czwarty – *How to Blunt Hume's Guillotine* (Jak stępić Hume'owską gilotynę), piąty – *The miracle of mathematics* (Cud matematyki), szósty zaś – *Into the Popper's world* (W świecie Poppera). Epilog nosi znamieny tytuł *The normative mind* (Umysł normatywny).

W epilogu Brożek formułuje 12 tez odnoszących się do różnych kwestii powiązanych z kierowaniem się regułami. Przedstawię krótko te tezy, ale to, w jaki sposób autor do nich dochodzi, muszę pozostawić każdemu czytelnikowi. Tezy 1–5 odnoszą się do natury kierowania się regułami. Zdaniem Brożka, klasyczne podejście do problematyki normatywności, polegające na sporze monistów z dualistami, powinno zostać porzucone na rzecz spojrzenia, zgodnie z którym kie-

rowanie się regułami zależy zarówno od ugruntowanych biologicznie stanów mentalnych, jak i interakcji społecznych. Według niego należy wyróżnić dwa poziomy reguł – reguły rudymen tarne oraz reguły abstrakcyjne. Na pierwszym poziomie nie da się rozróżnić reguł moralnych od językowych czy matematycznych (reguły te są normatywnie zuni fikowane). Rozróżnienie dokonuje się dopiero na drugim poziomie. Jedną z tez Brożka głosi, że podstawowa zdolność do kierowania się regułami jest zależna od specyficznej dla *Homo sapiens* tendencji do przekazywania wzorców na drodze imitacji. Przekazywanie sobie tych wzorców, a także podejmowanie decyzji w kontekście normatywnym nie zawsze przebiegają świadomie.

Tezy 6–7 odnoszą się do natury języka. W szczególności Brożek broni poglądu, zgod-

nie z którym język nie jest izolowanym systemem specyficznych reguł (jak sądzą zwolennicy Noama Chomsky'ego), ale opiera się na wcześniejszych filogenetycznych mechanizmach motorycznych oraz interakcjach społecznych, w jakie wchodzi jednostki. Stąd też język jest zjawiskiem zarówno „ucieleśnionym”, jak i „osadzonym w kulturze”. Tezy 8–9 dotyczą moralności. Powołując się na badania z zakresu psychologii rozwojowej, prymatologii i neurologii, Brożek twierdzi, że chociaż ludzka moralność opiera się na mechanizmach biologicznych, co najmniej równie ważne są wzorce kulturowe przekazywane na drodze imitacji. Z kolei mechanizmy podejmowania decyzji w dużej mierze bazują na emocjach.

Tezy 10–11 mówią o poznaniu matematycznym. Wyjaśnienie poznania matematycznego musi uwzględniać trzy poziomy: prostą matematykę zakodowaną w mó-

zgach małych dzieci (*embrained mathematics*), bardziej skomplikowaną matematykę możliwą dzięki zdolności *Homo sapiens* do posługiwania się metaforami pojęciowymi w sensie Lakoffa (*embodied mathematics*), a także matematykę przekazywaną na drodze imitacji, która jest rozwijana w poszczególnych kulturach (*embedded mathematics*). Dzięki ostatniemu poziomowi matematyka zyskuje stabilność, zaś jej rozwój można postrzegać jako kumulatywny. Należy jednak zauważyć, że próba „biologizacji” poznania matematycznego nie prowadzi Brożka do odrzucenia matematycznego platonizmu. Co więcej, podkreśla on wagę niezrozumiałej efektywności stosowania matematyki w naukach przyrodniczych. Wreszcie w tezie 12 uznaje, że odpowiednio zinterpretowana ontologia Poppera jest spójna z opisaną w książce koncepcją normatywności.

Warto zwrócić uwagę na jeszcze jedną kwestię poruszaną przez Brożka: przeciwstawienie natury i kultury zdaje się ogromnym nieporozumieniem. Powołując się na teorię uczenia się przez imitację, autor zaznacza, że tworzenie i przekazywanie wzorców kulturowych jest możliwe dzięki ukształtowanemu ewolucyjnie wyposażeniu biologicznemu i mechanizmom poznawczym. Z drugiej strony jednak wzorce kulturowe oddziałują zwrotnie na człowieka i jego umysł. Stąd też umysł ucieleśniony nie tylko tworzy kulturę, ale jest również w niej głęboko zanurzony.

Ontologia reguł Bartosza Brożka dojrzewała przez wiele lat i była wystawiana na próbę w różnych publikacjach – artykułach ukazujących się np. na łamach czasopisma „Logos i Ethos” oraz w książce *Normatywność prawa* (Wolters Kluwer, Warszawa 2012). *Rule-Following...* stano-

wi z jednej strony najbardziej dojrzałą i wszechstronną, z drugiej zaś najbardziej przystępną prezentację zagadnienia. Sprawia to, że może być ona interesująca dla przedstawicieli dyscyplin takich jak ewolucjonizm, kognitywistyka, psychologia, językoznawstwo, filozofia języka, filozofia matematyki czy też filozofia moralności i etyka. Co więcej, jak sugerowałem już na wstępie, stanowi ona wzór warsztatu uprawiania filozofii w kontekście nauk biologicznych, czy ogólniej mówiąc – korzystania z warsztatu interdyscyplinarnego.

Oczywiście ważny jest nie tylko sposób rozwiązania, ale również powaga podejmowanego problemu. Dwóch bohaterów zajmujących ważne miejsce w książce spierało się co do statusu problemów filozoficznych – Wittgenstein twierdził, że są one iluzoryczne, a zadaniem „filozofów” jest prowadzenie terapii,

Popper natomiast uważał je za obiektywnie istniejące i domagające się rozwiązania. Brożek, który jak wielokrotnie podkreśla zawdzięcza wiele Wittgensteinowi, staje jednak na stanowisku Poppera, przekonując czytelników, że kierowanie się regułą jest ważnym problem stojącym w centrum (choć czasem *implicit*) wielu debat filozoficznych. Debata te są prowadzone w obrębie filozofii języka, filozofii matematyki, a także filozofii moralności (i nie tylko). Z pewnością można więc powiedzieć, że *Rule-Following...* to książka ważna zarówno ze względu na podejmowany problem, jak i warsztat prowadzący do jego rozwiązania.

Choć recenzja pracy naukowej powinna się odnosić przede wszystkim do kwestii merytorycznych, a nie estetycznych, wyniki uzyskane przez językoznawców kognitywnych – na

których opiera się także Bartosz Brożek – wskazują, że podział na treść i formę (podobnie jak na semantykę i syntaktykę) jest w dużej mierze umowny. Skoro forma i treść są równocześnie przetwarzane przez nasze „ucieleśnione umysły” i odgrywają rolę w konstrukcji znaczeń, uwaga natury estetycznej nie wydaje mi się zbyt szkodliwa. Pod względem wizualno-edytorskim *Rule-Following...* to książka wręcz idealna. Z pewnością pozostawia daleko w tyle większość „szarych i bezdusznych” książek naukowych. Okładka, której głównym motywem jest wspaniały obraz Andrzeja Wróblewskiego *Kolejka wciąż trwa*, zdecydowanie przyciąga uwagę potencjalnych czytelników i zapowiada treść, zaś przejrzysty układ graficzny książki sprzyja czytelnikowi od początku do końca lektury.

Mateusz Hohol

W jaki sposób w nauce wyjaśnia się umysł

Recenzja książki: Mateusz Hohol,
*Wyjaśnić umysł. Struktura teorii
neurokognitywnych*, Copernicus
Center Press, Kraków 2013, ss. 401.

Zastanawiając się, czy nauka może wyjaśnić umysł, Mateusz Hohol robi to, co powinien zrobić każdy szanujący się filozof – precyzyjnie formułuje rozważany problem. W jaki sposób? Rozbija kluczowe pytanie na trzy następujące: „jaka nauka?”, „czym jest umysł?” i „co to znaczy wyjaśnić?”.

Wielu uczonych z różnych epok za pomocą różnych metod badawczych próbowało wyjaśnić zasady funkcjonowania ludzkiego umysłu. Efektem ich pracy było mnóstwo teorii oraz (a może przede wszystkim) doktryn filozoficznych, które do dzisiaj

wpływają na to, w jaki sposób na co dzień myślimy o umyśle. „Odziedziczone” po poprzednich pokoleniach schematy pojęciowe dotyczące umysłu nie pomagają jednak w ustanowieniu naukowego podejścia do umysłu. Za najbardziej narzucający się przykład może posłużyć doktryna kartezjanizmu, wciąż popularna, i to nie tylko wśród laików, rozumiana jako pogląd, zgodnie z którym umysł po pierwsze jest czymś niezależnym od ciała, po drugie przysługuje wyłącznie ludziom¹. Przyjęcie takiej doktryny jak kartezjanizm wpływa chociażby na to (a to kwestia fundamentalna!), jakie metody badawcze w naszym przedsięwzięciu uznamy za dopuszczalne i wiarygodne².

Drugą trudnością w dobraniu odpowiedniej metodologii i wskazaniu nauki, która ma wyjaśnić umysł, jest to, że współcześnie wiele – często bar-

dzo od siebie różnych – dyscyplin obiera sobie za cel wyjaśnienie przynajmniej niektórych aspektów funkcjonowania umysłu. Wszystkie te dyscypliny, począwszy od neurobiologii przez psychologię, sztuczną inteligencję, językoznawstwo, logikę aż do filozofii umysłu, należą do kognitywistyki. Zdaniem Hohola jest to zbyt szeroki i metodologicznie zbyt zróżnicowany program, by mógł zbudować spójną i wiarygodną wizję umysłu. Z kolei każda z dziedzin składających się na kognitywistykę, wzięta z osobna (łącznie z neurobiologią), dysponuje zbyt skromnymi środkami, by sprostać temu zadaniu. Autor *Wyjaśnić umysł* opowiada się za węższym od kognitywistyki, ale jednocześnie szerszym od neurobiologii, podejściem, nazywanym **neuro nauką poznawczą** (lub neurokognitywistyką, ang. *cognitive neuroscience*). Powstanie tej dys-

cypliny (lata 90. XX wieku) łączy się z upowszechnieniem techniki neuroobrazowania za pomocą funkcjonalnego rezonansu magnetycznego (fMRI).

Czym wyróżnia się neuro nauka poznawcza, że to właśnie w niej można upatrywać dyscypliny, która spełni odwieczne marzenia filozofów (co do tego, że wyjaśnienie umysłu jest takim, chyba nie ma wątpliwości)? Zdaniem Hohola, odpowiednią strukturą teorii, której w zasadzie poświęcona została cała książka (jej podtytuł to właśnie *Struktura teorii neurokognitywnych*). W strukturze teorii neurokognitywnej w znacznej mierze odbija się struktura procesu formułowania teorii kognitywnej, co można uznać za zaskakujące – ta zasada nie zachodzi w modelowej dyscyplinie analizowanej przez filozofów nauki, czyli fizyce.

Co jest szczególnego w procesie tworzenia teorii neuroko-

gnitywnych? Mateusz Hohol wymienia m.in. zróżnicowane metody gromadzenia danych: od obrazowania pojedynczych neuronów, przez obrazowanie pracy całego mózgu, badania wpływów lezji (uszkodzeń, np. mechanicznych, mózgu) na funkcje poznawcze i zachowanie pacjentów oraz eksperymenty behawioralne. Te dane pochodzące z różnych źródeł powinny się oczywiście wzajemnie uzupełniać. Inną szczególną cechą neurokognitywistyki jest konieczność zmierzenia się z wieloma poziomami aparatu poznawczego. Na tych poziomach znajdują się: 1) pojedyncze neurony, 2) podkorowe struktury mózgu, 3) struktury kory mózgowej, 4) struktury poznawcze („reprezentacje”, choć Hohol wyraźnie unika tego pojęcia). Mówiąc w potocznym języku o umyśle, mówimy zwykle o tym wszystkim, co rozgrywa się już na poziomie reprezentacji poznaw-

czych. Oczywiście nie należy uznawać tego podziału za ontologiczny – zaproponowany przez Hohola podział jest przede wszystkim wynikiem analizy metodologicznej – chociażby pod tym względem, że na różnych poziomach mamy do czynienia z przyjmowanymi różnymi strategiami wyjaśniania zjawisk.

Była już mowa o tym, co rozumiemy przez umysł, gdy wypowiadamy się o nim w języku potocznym. A jak rozumieć umysł z perspektywy neuronauki poznawczej? Innymi słowy – jak zdefiniować poziom struktur poznawczych? To jedno – w mojej opinii – z ciekawszych spostrzeżeń wypowiedzianych w *Wyjaśnić umysł*. Procesów poznawczych nie da się zdefiniować w sposób jednoznaczny, ponieważ zależy to od tego, który z paradygmatów neuronauki poznawczej przyjmujemy. Zdaniem Mateusza Hohola, jedną ze specyficznych cech

neuronauki poznawczej jest to, że uprawiana jest ona obecnie nie w jednym, a kilku konkurencyjnych paradygmatach. Wymienia on trzy podstawowe (najczęściej przyjmowane?) podejścia: psychologię ewolucyjną, paradygmat komputerowy (koneksyjno-symboliczny), paradygmat umysłu ucieleśnionego i osadzonego w interakcjach społecznych (*embodied-embedded mind* – EEM), nie rozstrzygając wszakże, że to lista wyczerpująca lub jedyny dopuszczalny podział. Przyjęcie paradygmatu determinuje m.in. to, w jaki sposób będziemy interpretować wyniki różnych badań i eksperymentów (tak przecież zróżnicowanych), jakie hipotezy pomocnicze będziemy akceptować, do jakiej wiedzy tła będziemy się odwoływać oraz – *last but not least* – jakie przyjmujemy założenia filozoficzne.

Znawcy tematu mogliby zwrócić uwagę na to, że mówie-

nie o paradygmacie komputerowym jest zbyt dużą idealizacją. Być może wypadałoby mówić o paradygmatach: symbolicznym, w którym umysł jest postrzegany jako maszyna Turinga, i koneksyjnym, zgodnie z którym właściwym modelem umysłu są sztuczne sieci neuronowe. Na przykład Peter Gärdenfors w pracy *Conceptual Spaces: The Geometry of Thought* dobrze zobrazował różnice pomiędzy tymi ujęciami, samemu proponując jeszcze jeden, konkurencyjny i wobec koneksjonizmu, i wobec symbolizmu, paradygmat – przestrzeni pojęciowych³. Niemniej w książce Hohola najbardziej liczy się sam zamysł wyróżniania paradygmatów, a ze słusznością tego polemizować o wiele trudniej. Sposób funkcjonowania paradygmatów autor *Wyjaśnić umysł* bardzo interesująco i trafnie porównuje na przykładzie podejścia do zjawiska samooszukiwania się (ang. *self-deception*).

Mamy odpowiedź na pytanie o naukę, mamy odpowiedź na pytanie o umysł, brakuje odpowiedzi na pytanie o to, co to znaczy wyjaśniać. Mateusz Hohol analizuje różne koncepcje wyjaśniania, między innymi popularne w naukach biologicznych (i neurobiologicznych) wyjaśnianie mechanistyczne (wyjaśnianie poprzez wskazanie mechanizmu), wyjaśnianie psychologiczne (proponowane np. przez Paula Churchlanda) czy model nomologiczno-dedukcyjny (który nie obowiązuje w neuronauce poznawczej, ponieważ nie jest ona dyscypliną posługującą się pojęciem prawa). Co jednak ciekawe, zdaniem Hohola wszystkie dopuszczalne koncepcje wyjaśnienia prowadzą do przyjęcia zdaniowej koncepcji teorii (ponieważ wszystkie modele można „przetłumaczyć” na zbiór zdań).

Jeżeli mamy już do czynienia ze skonstruowaną teo-

rią (hipotezą) neurokognitywną (a najlepiej kilkoma teoriami), możemy stanąć przed odwiecznym problemem: wyboru jednej spośród konkurencyjnych, adekwatnych empirycznie teorii (hipotez). Co decyduje o tym, że wybierzemy teorię (hipotezę) A, a nie B? Tutaj dochodzimy do najważniejszego punktu koncepcji Hohola. Jego zdaniem o wyborze teorii decydują kryteria koherencji i konwergencji, które to kryteria są ściśle związane ze specyfiką neuronauki poznawczej – zróżnicowanymi metodami pozyskiwania danych, zróżnicowanym poziomem badań i obecnością paradygmatów. Oczywiście oba te kryteria, zdaniem Hohola, są stopniowalne (w przeciwnym wypadku nie mogłyby one służyć za kryterium wyboru teorii). Wszystkie te rozważania prowadzą autora *Wyjaśnić umysł* do ogólnego (i istotnego) wniosku, że struktura teorii neuroko-

gnitywnych przypomina strategię rozumowania do najlepszego wyjaśnienia (stanowiącego jedną z odsłon abdukcji).

Poza wymienionymi tutaj uwagami Mateusz Hohol w swojej książce dzieli się wieloma innymi spostrzeżeniami, niejako na marginesie głównego wywodu. Jedno z ciekawszych dotyczy tego, że możliwe jest przeszczepienie na grunt neuro nauki poznawczej Michała Hellera idei filozofii w nauce. Owocem tego przeszczepienia jest m.in. recenzowana praca. Inną ważną uwagą Hohola, która nie należy do głównego tematu jego pracy, wydaje się to, że: „analiza neuronauki poznawczej może być owocna również w kwestii ‘testowania’ przydatności tradycyjnych narzędzi metodologicznych na gruncie nowych dyscyplin nauki” (s. 18). W związku z tym autor – który często sam wypracowuje nowe rozwiązania

metodologiczne – nie stroni od adaptacji pojęć i narzędzi znanych dobrze filozofom nauki.

Cytowana przez Hohola Valerie Gray Hardcastle w *Neurobiology* pisze o tym, że „mózgi są skomplikowane i nieuporządkowane; teorie działania mózgu dzielą te same cechy”⁴. Uważam, że dzięki książce Mateusza Hohola teorie działania mózgow (a przynajmniej umysłów) są o wiele mniej nieuporządkowane. *Wyjaśnić umysł. Struktura teorii neurokognitywnych* to pierwsza znana mi praca, która w systematyczny sposób podejmuje temat metodologii neuronauki poznawczej, analizując proces powstawania teorii neurokognitywnych i strukturę samych teorii. W podobnym duchu wypowiadają się na okładce tej książki Dominika Dudek, Edward Nęcka, Bartosz Brożek i Wojciech Załuski.

Choć po lekturze tej recenzji powinno to być oczywiste, dla

porządku można podkreślić, że opisywana książka z pewnością nie jest przeznaczona dla kogoś, kto dopiero rozpoczyna swoją przygodę intelektualną z neuronauką poznawczą. Praca Mateusza Hohola nie jest również tekstem popularnonaukowym, mimo niewątpliwych walorów stylistycznych i chwytliwego tytułu – pod zgrabnym i zachęcającym tekstem kryje się poważna rozprawa z filozofii nauki. Jeżeli ktoś pragnie dowiedzieć się czegoś o neuronauce poznawczej, niech lepiej sięgnie po teksty Antonia Damasio, Vilayanura Ramachandrana, Michaela Gazzanigi czy nawet Olivera Sacksa. Dopiero wczytując się w nie, zaznajomi się z problemami neuronauki poznawczej, z którymi w swojej pracy zmierzył się dr Hohol. Książkę bez wahania polecam za to studentom neurobiologii, wszelkich dziedzin kognitywistyki oraz filozofii. Również

dlatego, że zawarta w tekście niezwykle obszerna bibliografia może być bezcenną pomocą przy własnej pracy naukowej.

Warto również zwrócić uwagę na samego autora. Mateusz Hohol to filozof i kognitywista młodego pokolenia, a *Wyjaśnić umysł* jest pierwszą książką jego autorstwa i z całą pewnością nie ostatnią.

Łukasz Kwiatek

¹ Oczywiście można wymienić jeszcze inne cechy kartezyjizmu. Bartosz Brożek w nieopublikowanym jeszcze artykule wspomina o trzech dualizmach – poza wspomnianym umysł–ciało wymienia również dualizm ja–inny oraz dualizm percepcja–działanie (B. Brożek, *The Normative Mind. In Defence of a Heresy* [w:] *The Normative Mind. Dimensions of Decision Making*, Copernicus Center Press, Kraków 2013, w opracowaniu).

² Bardzo interesująco opisują to autorki *Apes, Language and the Human Mind* w kontekście badania jednej z najważniejszych zdolności umysłowych – języka. Niemal powszechna akceptacja kartezyjizmu (lub jego nieświadome przyjmowanie) skłaniało językoznawców do odrzucania

dowodów świadczących o zdolnościach (proto)językowych u małp. Zob. S. Savage-Rubmaugh, S.G. Shanker, T.J. Taylor, *Apes, Language and the Human Mind*, Oxford University Press, Oxford 1998, s. 77–138.

³ Zob. P. Gärdenfors, *Conceptual Spaces: The Geometry of Thought*,

MIT Press, Cambridge–London 2000.

⁴ V. Gray Hardcastle, *Neurobiology*, [w:] *The Cambridge Companion to the Philosophy of Biology*, D.L. Hull, M. Ruse (red.), Cambridge University Press, Cambridge 2008, s. 275, cyt. za: M. Hohol, *Wyjaśnić umysł...*, *op. cit.*, s. 36–37.

Gdzieś pomiędzy nauką a filozofią

Recenzja książki: *Between Philosophy and Science*, red. Michał Heller, Bartosz Brożek, Łukasz Kurek, Copernicus Center Press, Kraków 2012, ss. 255.

Nie ma nieprzekraczalnej granicy między nauką a filozofią. Epoka głębokich podziałów między naukami przyrodniczymi i humanistycznymi odchodzi w zapomnienie. I choć obecnie nie brakuje głosów, że powinniśmy z precyzją chirurga oddzielać zagadnienia filozoficzne od naukowych, to recenzowana publikacja wyraźnie wskazuje, iż etap takich podziałów powinien być już za nami. Idea tzw. „nieprzecinających się płaszczyzn” to efekt uprawiania – jak pisze Michał Heller – filozofii przy zielonym stoliku, czyli w pierwszej kolejności udzielenia arbitralnej

odpowiedzi na pytanie „jaką filozofię by tu można uprawiać”, a dopiero potem jej uprawiania. Ten typ refleksji filozoficznej rości sobie nieuzasadnione ambicje do wyrokowania, co można, a czego nie można zrobić. Motywy uporczywego trwania przy koncepcji „nieprzecinających się płaszczyzn” są różne. Nietrudno wyobrazić sobie, że tacy filozofowie nie czują się komfortowo, gdy rezultaty ich pracy są sprzeczne z ustaleniami nauk przyrodniczych. Wydawać by się mogło, że lapsusy jak ten Georga Wilhelma Friedricha Hegla, który na zarzut, iż jego teoria jest sprzeczna z faktami, odparł: „tym gorzej dla faktów”, przeszły już do historii. Ponadto, co również może wydawać się kłopotliwe, swobodne poruszanie się pomiędzy płaszczyznami filozofii i nauki wymaga znajomości, na odpowiednio wysokim poziomie, ustaleń obu tych dziedzin.

Nie jest więc łatwo namówić nieprzekonanych jeszcze filozofów do bardziej śmiałych wycieczek od filozofii do nauki i z powrotem, zwłaszcza że często można spotkać się z zarzutami o naturze metodologicznej. Łączenie nauki i filozofii skutkuje, zdaniem sceptyków, zlepkiem teorii i poznawczym brakiem sensu. Ta pesymistyczna wizja interdyscyplinarności wcale nie musi być prawdziwa, a przekraczanie kolejnych granic, odrzucanie przyjętych paradygmatów i stawianie odważnych tez sprzyjało rozwojowi tak nauki, jak i filozofii.

Tom *Between Philosophy and Science* pod redakcją Michała Hellera, Bartosza Brożka oraz Łukasza Kurka to przykład „filozofii w nauce”, czyli filozofii uprawianej w ścisłym kontakcie z naukami przyrodniczymi. To typ refleksji filozoficznej, który swoje opracowanie zawdzięcza

Michałowi Hellerowi, a na który składają się dociekania badające (1) wpływ idei filozoficznych na powstawanie i ewolucję teorii naukowych; (2) tradycyjne filozoficzne problemy uwikłane w teorie empiryczne, a także (3) filozoficzną refleksję nad niektórymi założeniami nauk empirycznych. Wszystkie te rodzaje dociekań w mniejszym lub większym stopniu można odnaleźć w recenzowanym tomie.

„Filozofia w nauce” ma już swoją historię, korzeniami sięgającą czasów Isaaca Newtona, a także liczne osiągnięcia na koncie. Dokładne omówienie ich wszystkich nie byłoby możliwe w jednej, choćby nie wiadomo jak bardzo obszernej książce. Na szczęście nie jest to ambicją *Between Philosophy and Science*. Redaktorzy tomu słusznie zaznaczają we wstępie, że celem, który przyświecał im przy wyborze esejów do książki, nie było ze-

branie wszystkich filozoficznych treści, założeń i metod obecnych w tym typie refleksji naukowej, ale zaproszenie czytelnika do podróży na pogranicze filozofii i nauki. W tym duchu należy również czytać ten zbiór. Czytelnik nie zwiedza ruin wiedzy naukowej i filozoficznej, nie jest kolejnym turystą w muzeum, lecz pozostaje raczej członkiem ekspedycji badawczej. Ekspedycji ambitnej, ale bardzo ciekawej. I udanej.

Choć formalnie tom nie został podzielony na części, czytelnik z łatwością może dokonać takiego podziału. Za kryterium mogą posłużyć choćby związki filozofii z poszczególnymi naukami. Dla przykładu można wyróżnić rozważania z pogranicza filozofii i szeroko rozumianych nauk biologicznych. Bartosz Brożek w swoim eseju zatytułowanym *Neuroscience and Mathematics. From Inborn Skills to Cantor's Paradise* przedsta-

wia koncepcję matematyki, którą można opisać trzema następującymi przymiotnikami: *embrained*, *emobodied* oraz *embedded* (stąd mowa o koncepcji „3E”). Konstruowana przez Brożka koncepcja 3E dowodzi, że o matematyce można dzisiaj mówić również z perspektywy nauk kognitywnych i psychologii. Łukasz Kurek również sięga do nauk biologicznych. W jego tekście, zatytułowanym *Emotions from a Neurophilosophical Perspective* możemy odnaleźć analizę fenomenu emocji przeprowadzoną przy użyciu narzędzi filozoficznych i przy odwołaniu do osiągnięć współczesnej biologii. Trzecim esejem, w którym krzyżują się drogi filozofii i biologii, jest *On the Relevance of Evolutionary Anthropology for Practical Philosophy* Wojciecha Załuskiego.

Czytelnik, któremu bliżej do tradycji „filozofujących fizy-

ków” aniżeli do „filozofujących biologów”, także znajdzie coś interesującego dla siebie. Eseje Michała Hellera *The Ontology of the Planck Scale*, Wojciecha Grygiela *Spacetime in the Perspective of the Theory of Quantum Gravity: Should It Stay or Should It Go?* czy Helge Kragha *The Criteria of Science, Cosmology, and the Lessons of History* to ciekawa wyprawa w świat filozoficznych założeń i treści obecnych w naukach fizycznych. Choć eseje te zostały poświęcone różnym problemom, to stanowią inspirujące przykłady obecności filozofii w fizyce i kosmologii.

Te dwa bloki tematyczne nie wyczerpują liczby zagadnień analizowanych w esejach zamieszczonych w *Between Philosophy and Science*. Na szczególną uwagę zasługuje praca znanego amerykańskiego filozofa Roberta Audiego pt. *Naturalism as a Philosophical and Scientific Fra-*

mework: A Critical Perspective, w której rozprawia się on z różnymi rozumieniami naturalizmu, a w szczególności analizuje różnorakie konsekwencje niezwykle ważnego dzisiaj naturalizmu metodologicznego.

Po zwiedzaniu pogranicza biologii i filozofii, a także fizyki i filozofii można przenieść się na grunt filozofii matematyki i logiki, które również stanowią ciekawe pole interakcji nauki i filozofii. Świadczą o tym choćby eseje Romana Murawskiego *On Proof in Mathematics* i Krzysztofa Wójtowicza *Logical Form and Ontological Commitments*. W książce możemy ponadto znaleźć esej Bogdana Dembińskiego *Structuralism in Platonic Philosophy of Science*, w którym autor z perspektywy nauki próbuje odpowiedzieć na pytanie, jakim filozofem był Platon.

Last but not least, Teresa Obolovitch w niezwykle

ciekawym artykule *The Issue of Knowledge and Faith in the Russian Academic Milieu from the 19th to the 21st Century* podejmuje kwestie związane z relacją nauki i wiary w filozofii rosyjskiej.

Na pierwszy rzut oka zbiór esejów zebranych w tomie *Between Philosophy and Science* może się wydawać cokolwiek eklektyczny. Taka ocena nie byłaby jednak sprawiedliwa. Staranny dobór artykułów pozwala czytelnikowi niezaznajomionemu z tradycją „filozofii w nauce” poznać dość szerokie spektrum problemów charakterystycznych dla tego typu refleksji filozoficznej, a to z kolei może stanowić początek filozoficznej i naukowej przygody. Z drugiej strony czytelnik, dla którego nieobce są rozważa-

nia z pogranicza nauk filozoficznych i przyrodniczych, znajdzie w tej książce wiele pogłębionych rozważań, które z pewnością pozwolą wzbogacić wiedzę i spojrzeć na pewne kwestie z zupełnie nowej perspektywy.

Bogactwo problemów filozoficznych w dzisiejszej nauce znalazło swoje odzwierciedlenie w tomie *Between Philosophy and Science*. I dobrze. Każda wyprawa ekspedycyjna powinna charakteryzować się odpowiednim stosunkiem odwagi i roztropności. Na szczęście redaktorom recenzowanej książki udało się znaleźć złoty środek, a ekspedycja badawcza na pogranicze filozofii i nauki okazała się przygodą w pełni satysfakcjonującą.

Radosław Zyzik

Nauka w świecie greckim

Recenzja książki: Efthymios Nicolaidis, *Science and Eastern Orthodox from the Greek Fathers to the Age of Globalization*, trans. by Susan Emanuel, The Johns Hopkins University Press, Baltimore 2011, ss. xii + 252.

Zagadnienie relacji między nauką a teologią prawosławną – w odróżnieniu od problemu dotyczącego teologii zachodniochrześcijańskiej – zajmuje stosunkowo mało miejsca w fachowej literaturze. Alexei Nesteruk, rosyjski kosmolog pracujący na Uniwersytecie w Portsmouth, w swej monografii *Light from the East. Theology, Science, and the Eastern Orthodox Tradition* (2003) pisał, że na temat stosunku Kościoła prawosławnego do nauki istnieje zaledwie około 30 pozycji w ję-

zyku angielskim¹. Podobną (a nawet jeszcze bardziej radykalną) opinię wyraża Efthymios Nicolaidis, kierownik programu rozwoju historii, filozofii, dydaktyki nauki i technologii Helleńskiej Narodowej Fundacji Badawczej. W swej nowej książce *Science and Eastern Orthodox from the Greek Fathers to the Age of Globalization* z pewnym przekąsem stwierdza (por. s. 197), że nawet Andrew Dickson White w kontrowersyjnej *A History of the Warfare of Science with Theology in Christendom* (1896) relacjom pomiędzy prawosławiem a nauką poświęcił więcej miejsca niż współczesne renomowane opracowania (prawdopodobnie z tej racji, że przez kilka lat był ambasadorem USA w Rosji). Recenzowana książka jest, w opinii Nicolaidisa, pierwszym całościowym studium relacji między nauką a teologią prawosławną. Jak zaznacza autor, pomysłodawcą

tej monografii był Ronald Numbers, który zwrócił uwagę na brak pozycji poświęconych związkom nauki i religii w myśli wschodniochrześcijańskiej (s. xii).

O czym traktuje recenzowana książka? Ma ona w całości charakter historyczny. Autor zajmuje się historią filozofii, nauki i teologii w kulturze wschodniochrześcijańskiej (od starożytności po czasy współczesne), przy czym głównie skupia się na kręgu greckojęzycznym, wspominając o innych krajach prawosławnych (Serbii, Bułgarii czy Rumunii) o tyle, o ile jest to związane z oddziaływaniem myśli greckiej (najwięcej miejsca, bo cały jedenasty rozdział, poświęcono Rosji i Słowiańsko-Grecko-Łacińskiej Akademii w Moskwie, której pierwszymi profesorami byli greccy bracia Lichodowie).

Praca składa się z czterech rozdziałów ukazujących relacje między nauką a prawosławiem

w porządku diachronicznym, a także wstępu, zakończenia, tabeli chronologicznej, bibliografii oraz indeksu osobowego i rzeczowego. Książka zawiera ponadto szesnaście kolorowych ilustracji przedstawiających bizantyjskie modele wszechświata, obrazy zasłużonych działaczy i zdjęcia astrolabiów.

Nicolaidis zaznacza, że wszelkie napięcia i konflikty, jakie pojawiły się w kulturze wschodniochrześcijańskiej, nie dotyczyły nauki i religii jako takich, ale poszczególnych grup duchowieństwa oraz szerszych, związanych z nimi kręgów społecznych (s. x). Innymi słowy, była to raczej sprawa osobistych preferencji hierarchów i wiernych aniżeli filozoficznych, teologicznych czy metodologicznych analiz i ustaleń. To z jednej strony tłumaczy bardzo ostry ton niektórych polemik, a z drugiej brak jednoznacznych i rozstrzygających decyzji.

W rozdziale pierwszym Nicolaidis przedstawia tradycję starożytnych komentarzy do sześciu dni stworzenia, poczynając od Filona z Aleksandrii, skończywszy zaś na ojcach kapadockich (św. Bazylim Wielkim i św. Grzegorz z Nyssy, który w prawosławiu uchodzi – rzecz ciekawa – nie tyle za twórcę teologii mistycznej, jak to przedstawia np. Jean Daniélou, ile za filozofa). Filon, rozwijający myśl platońską, wyobrażał Boga jako matematyka, który stwarza nie tyleż gotowe rzeczy, co liczby (s. 3). Nicolaidis pokazuje, że w myśli św. Bazylego – bardzo wpływowego autora chrześcijańskiego – takie rozumienie stworzenia zostało zastąpione dosłowną interpretacją Księgi Rodzaju, aczkolwiek jego brat, św. Grzegorz z Nyssy, kontynuował linię zapoczątkowaną przez hermeneutykę Filona i rozróżniał między istnieniem w możności i akcie. Jak się

okazuje, myśl braci niejako wyznacza dwa paradygmaty wyjaśnienia zjawisk przyrody: podczas gdy Bazyli odwoływał się w tym celu wyłącznie do Pisma Świętego, Grzegorz poszukiwał odpowiedzi także u ówczesnych filozofów przyrody.

Rozdział drugi pokazuje, że te dwa paradygmaty przetrwały w antiocheńskiej (literalnej) i aleksandryjskiej (alegorycznej) szkole interpretacji Biblii, a także w twórczości dwóch najbardziej reprezentatywnych przedstawicieli owych tradycji: odpowiednio bizantyjskiego mnicha i geografa Kosmasa Indikopleustesa, uznającego jedynie takie wyjaśnienia wszechświata, które byłyby zgodne z prawdami zawartymi w Piśmie Świętym, oraz komentatora Jana Filopona, usiłującego pogodzić grecką filozofię przyrody (m.in. *Timajos* Platona i pisma Arystotelesa) z koncepcją biblijną.

W trzecim rozdziale autor przedstawia bardzo ciekawą historię walki ikonoklastów i ikonoduli w kontekście nauki (ówczesnej filozofii przyrody). Jak się okazuje, spór ten miał znaczenie nie tylko dla teologii i sztuki, ale negatywnie wpłynął także na rozwój *trivium* i *quadrivium*: obrazoburcy ignorowali naukę, gdyż ona – podobnie jak sztuka pisanania ikon – zajmowała się pogardzaną przez nich materią, a uzyskana w ten sposób wiedza miała wyłącznie ludzki, a nie boski charakter. W konsekwencji Leon III zamknął uniwersytet cesarski i bibliotekę (por. s. 45), co spowodowało, że teologia przejęła rolę jedynej wiedzy o świecie: w fachowych tekstach teologicznych i popularnych żywotach świętych z VIII wieku zaczęto poruszać kwestie przyrodniczo-filozoficzne (por. s. 54), mające na celu wyjaśnienie zjawisk przyrody za pomocą schematu boskiego dzia-

łania i ingerencji. Z kolei adwersarze ikonoklastów na czele ze św. Janem z Damaszku podjęli się zadania zarówno obrony ikon, jak też wiedzy w ogóle, posługując się w tym celu logiką arystotelesowską (w szczególności Jan Damasceński napisał *Dialektykę*, stanowiącą filozoficzne wprowadzenie do teologii, a ignorancja znalazła się na sporządzonej przez niego liście herezji). W okresie kontrowersji wokół kultu obrazów nawiązano również pierwsze kontakty naukowe ze światem islamskim (s. 49): pomimo potępienia astrologii przez ojców Kościoła, cesarze bizantyjscy przed podjęciem ważnych decyzji nie wahali się odwoływać się do horoskopów, korzystając w tym zakresie z usług Arabów. Stopniowo także niektórzy prawosławni uczeni stali się adeptami arabskiej astrologii i astronomii.

Nie sposób streszczać całej, bardzo ciekawej, książki Ni-

colaidisa. Dość powiedzieć, że zarysowane wyżej paradygmaty relacji prawosławia do nauki w pierwszym tysiącleciu chrześcijaństwa znajdują swą kontynuację w kolejnych wiekach omawianych przez autora. Z jednej strony mamy do czynienia z ostrożnym i podejrzliwym nastawieniem do filozofii przyrody i zakazami pism Platona, z drugiej – z tzw. bizantyjskim humanizmem, czerpiącym bezpośrednio z niedostępnych dla świata zachodniego źródeł starożytno-greckich oraz z nauki arabskiej (zwłaszcza medycyny i astronomii), a także powstaniem nowych uczelni wyższych w Konstantynopolu i innych miastach imperium. Nicolaidis nazywa to „walką o dziedzictwo” (por. tytuł rozdziału piątego) i walką o tożsamość narodową. Grecy szczylicili się, że są spadkobiercami tradycji antycznej, nawet jeśli niektórzy starożytni filozofowie gło-

sili poglądy sprzeczne z doktryną chrześcijańską, a przy tym starali się rozwijać tradycję ascetyczno-duchową, podkreślającą znikomość wiedzy ludzkiej. Nic dziwnego, że na przestrzeni dziejów występowały nieraz ostre napięcia i konflikty (mający ponadto osobisty, polityczny oraz – po schizmie 1054 roku – antykatolicki charakter). W średniowiecznym Bizancjum znano pisma Arystotelesa, Galena, Ptolemeusza (z tej racji niejednokrotnie z pogardą patrzono na „ignorantkich” łacinników), ale nie zawsze czyniono z tego należyty użytek. Z drugiej strony nauka miała wymiar jednoczący, „ekumeniczny”: wielu prawosławnych Greków interesowało się astronomią i matematyką niezależnie od źródła ich pochodzenia: zachodniego, arabskiego czy żydowskiego (s. 118). Na uwagę zasługuje fakt, że w Bizancjum nie było surowych reakcji pod adresem teorii Kopernika,

co więcej – wykładano ją (wraz z przedstawieniem odkryć Galileusza) w Patriarchalnej Szkole w Konstantynopolu.

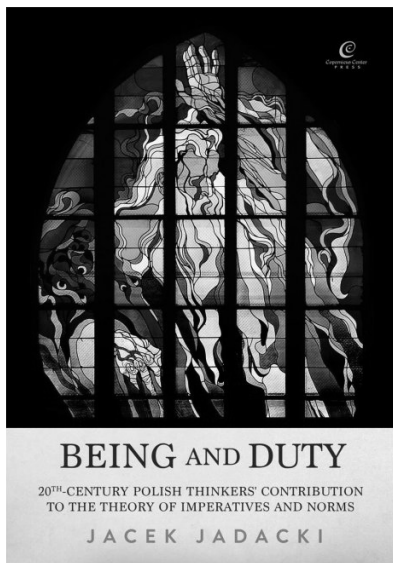
Nicolaidis kreśli historię relacji między greckim prawosławiem a religią na szerokim tle epokowym, ukazując ogólną sytuację polityczną i eklezjalną. Pozwala to lepiej zrozumieć poszczególne fakty. Brakuje natomiast głębszej refleksji nad specyfiką wschodniochrześcijańskiego podejścia do nauki. Należy jednak pamiętać, że autor nie stawiał sobie takiego celu. Zarysował on dość szeroką historyczną panoramę, zaś analizę przedstawionych wydarzeń i wyprowadzenie wniosków pozostawił czytelnikowi.

Naszkiwowany w książce obraz relacji pomiędzy prawosławiem a nauką *prima facie* wydaje się być dość niespójny (co widać choćby z przytoczonych w tej recenzji wzmianek): niekiedy odnosi się wrażenie, że bizantyjscy

teologowie byli bardzo życzliwie nastawieni do nowych teorii naukowych, wyprzedzając w tym Zachód, a innym razem – że zaledwie tolerowali wiedzę świecką. Nicolaidis przekonująco pokazał, że na przestrzeni dziejów doszły do głosu obie postawy, byłoby jednak czymś nader pożądanym przeanalizować i usystematyzować przyczyny takiego czy innego stanu rzeczy – nie tylko w historyczno-chronologicznej perspektywie, jak to czyni autor, ale również pod względem filozoficznym, metodologicznym itp. Pozostający niedosyt zachęca do głębszego studium problemu *nauka – wiara* w tradycji wschodniochrześcijańskiej.

Teresa Obolevitch

¹ Korzystam z rosyjskiego przekładu książki Nesteruka: А. Нестерук, *Логос и космос. Богословие, наука и православное предание*, пер. М. Карпец (Гольбина), ББИ, Москва 2006, s. XXXIV–XXXV.



**Copernicus
Center
PRESS**

Jacek Jadacki

Being and Duty

Stron: 530

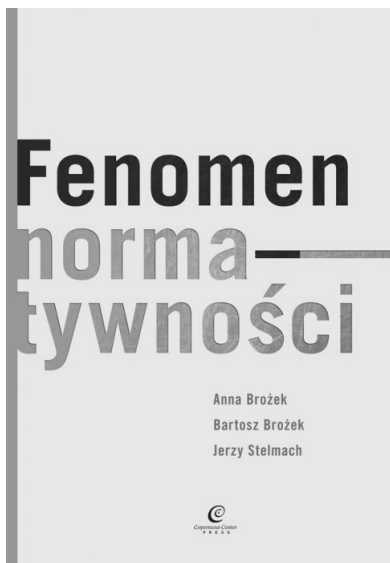
Oprawa: broszurowa
ze skrzydełkami

ISBN 978-83-7886-017-4

Cena: **99,90 zł**

The book is comprised of three components. The first component analyses the creative contribution to the theory of imperatives and norms provided by 20th-century Polish researchers. The second component summarizes their reflections and considerations. The third component is an anthology of the classic writings of Polish authors of the time; it constitutes an illustration of the first part and indicates that their research covered practically the whole scope of this theory.

www.ccpres.pl



**Copernicus
Center
PRESS**

*Anna Brożek
Bartosz Brożek
Jerzy Stelmach*

Fenomen normatywności

Stron: 322

Oprawa: broszurowa

ISBN 978-83-7886-032-7

Cena: **39,90 zł**

Książka stanowi próbę zmierzenia się z zagadką normatywności. Autorzy starają się odpowiedzieć na pytanie, jak należy rozumieć pojęcia normatywne, takie jak obowiązek, powinność czy poprawność. Analizują także normatywny wymiar rozmaitych dziedzin ludzkiego życia – moralności, prawa i języka. Stawiają wreszcie problem granic normatywności, rozważając go w kontekście sporu o tzw. błąd naturalistyczny.

Fenomen normatywności to unikalna w polskiej literaturze filozoficznej próba spojrzenia na kwestie związane z normatywnością w całej ich złożoności, a przy tym poszukująca wspólnych podstaw dla rozmaitych wcieleń dyskursu normatywnego. Autorzy stawiają prowokacyjną tezę, że utrwalony przez filozofów nowożytnych schemat rozważań o normatywności stanowi przeszkodę w zrozumieniu, czym ona jest.

www.ccpres.pl



**Copernicus
Center
PRESS**

W świecie powinności

Redakcja:

*Bartosz Brożek
Mateusz Hohol
Łukasz Kurek
Jerzy Stelmach*

Stron: 302

Oprawa: broszurowa

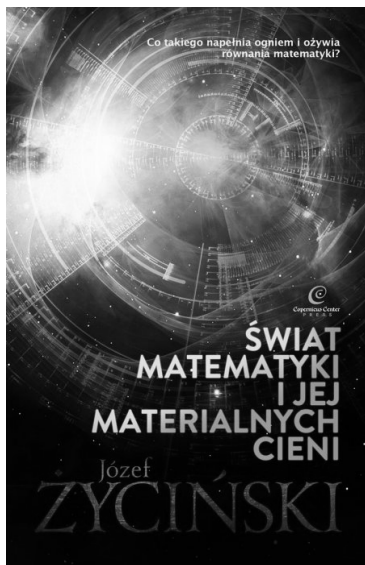
ISBN 978-83-7886-028-0

Cena: **59,90 zł**



Niniejszy zbiór esejów zapoznaje Czytelnika z badaniami dotyczącymi problemu normatywności podjętymi nie tylko z perspektywy filozoficznej, lecz również psychologicznej oraz kognitywistycznej. W tomie znaleźć można eseje dotyczące normatywności dyskursu epistemicznego, problemu naturalizacji normatywności, jak również analizujące podstawowe pojęcia normatywne. Ponadto Czytelnik będzie mógł zapoznać się z normatywnymi aspektami etyki, matematyki, języka, moralności oraz umysłu.

www.ccpres.pl



**Copernicus
Center
PRESS**

Józef Życiński

Świat matematyki i jej materialnych cieni

Stron: 238

Oprawa: broszurowa
ze skrzydełkami

ISBN 978-83-7886-012-9

Cena: **34,90** zł

Czy obiekty matematyczne się tworzy, czy odkrywa? Czy istnieją one w Platońskim polu racjonalności, budując matrycę tego, co może się urzeczywistnić?

W komputerze zmarłego przedwcześnie Arcybiskupa Józefa Życińskiego znaleziono niemal ukończony tekst książki, będący zapisem wykładów, które w roku akademickim 2006/2007 prowadził na Katolickim Uniwersytecie Lubelskim. Prezentujemy Państwu jej ostateczną wersję, zredagowaną i opatrzoną wstępem Michała Hellera.

Gdy po raz pierwszy przejrzałem pliki komputerowe, pomyślałem, że dopiszę swoje uzupełnienia i znowu będziemy mieli wspólna książkę. Ale wyszło inaczej. Wybrałem tylko rolę redaktora, dokonałem niezbędnych retuszy, pozostawiając całość maksymalnie niezmienioną. Józek jest zbyt silną osobowością, by brutalnie wdierać się w jego tekst. Niech jeszcze raz przemówi swoim niepowtarzalnym stylem.

www.ccpres.pl



**Copernicus
Center
PRESS**

Michał Heller

Bóg i nauka

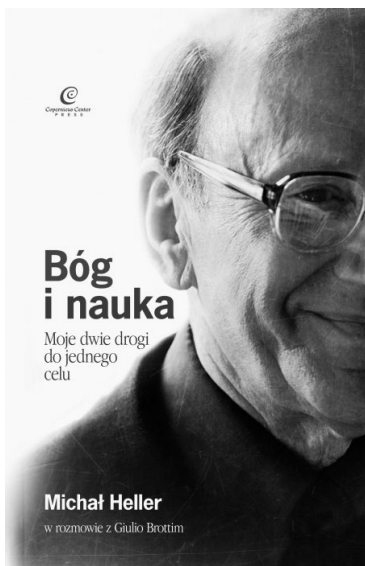
tłum. Ewa Nicewicz-Staszowska

Stron: 245

Oprawa: twarda z obwolutą

ISBN 978-83-7886-018-1

Cena: **34,90 zł**



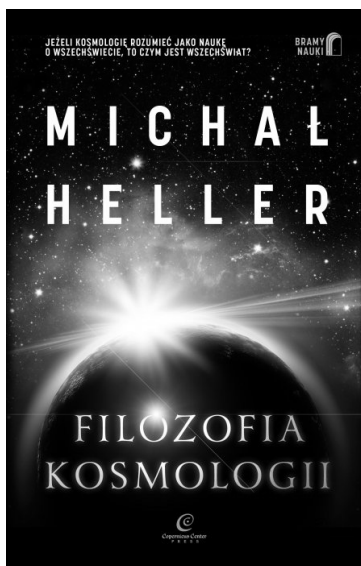
W jakiego Boga wierzą naukowcy? Co wspólnego z modlitwą ma rozwiązywanie równań? Dlaczego nie należy zapychać Bogiem dziur w nauce? Co nauka może dać teologii? Czemu teoria ewolucji jest aż teorią, a koncepcja Inteligentnego Projektu zahacza o herezję?

Michał Heller w pasjonującej rozmowie z włoskim dziennikarzem Giulio Brottim opowiada o dwóch na pozór wykluczających się wartościach, które ukształtowały jego życie: religii i nauce. Wybitny uczony wspomina również wydarzenia ze swojego życia: trudy dzieciństwa na Syberii, studia, pracę duszpasterską i naukową w czasach komunizmu, a także dzieli się refleksją nad kondycją współczesnego chrześcijaństwa i powszechnej znajomości nauki.

Często, mówiąc o nauce i wierze, formuluje się banalne i płytkie stwierdzenia (np. „cząsteczka Boga”) – ks. Heller przeciwstawia im poważne i odpowiedzialne zadanie formacji „ludzi-mostów” (on sam jest taką osobą) „L’Osservatore Romano”.

Zazwyczaj dialog między nauką a wiarą przypomina rozmowę dwóch głuchych – rzadko spotyka się osoby, które łączą w swoim życiu naukę i wiarę: jedną z nich jest ks. Heller „Il Manifesto”.

www.ccpres.pl



**Copernicus
Center
PRESS**

Michał Heller

Filozofia kosmologii

Stron: 178

Oprawa: twarda

ISBN 978-83-7886-020-4

Cena: **29,90 zł**

Co to znaczy, że wszechświat się rozszerza? Czy Wielki Wybuch rzeczywiście był jego początkiem? Dlaczego nocne niebo nie świeci jednostajnym blaskiem? Czy wszechświat można uważać za układ izolowany?

W *Filozofii kosmologii* Michał Heller we właściwym sobie klarownym i pasjonującym wywodzie oprowadza Czytelnika po gąszczu tematów filozoficznych, które towarzyszyły kosmologii od jej zarania, aż do momentu uformowania się jej jako dojrzałej nauki empirycznej. Wskazuje na filozoficzne implikacje problemów kosmologicznych i opisuje rozwiązania, jakie próbowali dla nich znaleźć najwybitniejsi fizycy XX wieku.

Książka, którą trzymają Państwo w rękach, jest pierwszym polskim dziełem, które mierzy się z problematyką rodzącą się na styku pozornie odległych dyscyplin, jakimi są filozofia i kosmologia. Autor pokazuje, że w istocie ich interakcja jest nieunikniona, gdyż – jak sam stwierdza – „tam, gdzie w grę wchodzi wszechświat, trudno na bok odłożyć swoje filozoficzne upodobania lub uprzedzenia”

www.ccpres.pl



**Copernicus
Center
PRESS**

Wojciech Załuski

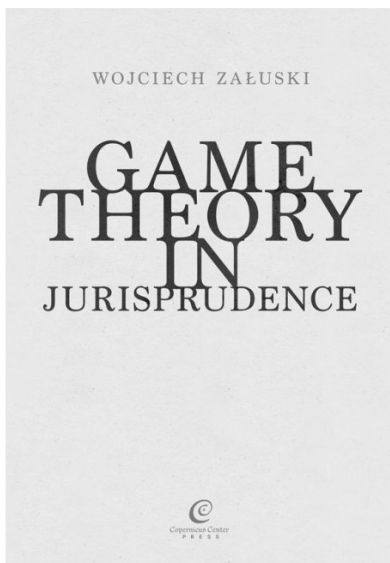
Game Theory in Jurisprudence

Stron: 360

Oprawa: twarda

ISBN 978-83-7886-035-8

Cena: **149,00 zł**



Game theory is a branch of mathematics which studies strategic interactions, i.e., interactions which involve more than one agent and in which each agent makes her decision while striving to predict the decisions of other agents. Game theory has been successfully applied in many areas of both the natural and social sciences, and it is the belief of this book's author – Wojciech Załuski – that it can also be gainfully invoked in the area of legal philosophy. In this book, Załuski analyzes such legal-philosophical concepts as legal interpretation, justice, legal rights, contract, tort and property law through the lens of game theory. Since the book does not assume any previous knowledge of game theory, it appeals mainly to its conceptual rather than the technical side, and intertwines game-theoretical analysis with the philosophical, it will be accessible to a wider circle of readers interested in legal and moral philosophy.

www.ccpres.pl