

Zagadnienia Filozoficzne w Nauce LI



COPERNICUS CENTER FOR INTERDISCIPLINARY STUDIES
OŚRODEK BADAŃ INTERDYSCYPLINARNYCH
KRAKÓW

2012

Redaguje zespół:

Michał Heller, Robert Janusz, Zbigniew Liana, Janusz Mączka, Alicja Michalik, Adam Olszewski, Tadeusz Pabjan (sekretarz redakcji), Paweł Polak, Włodzimierz Skoczny, Stanisław Wszotek

Adres Redakcji:

Zagadnienia Filozoficzne w Nauce
Wydział Filozoficzny UPJPII
Ośrodek Badań Interdyscyplinarnych
ul. Kanonicza 9, 31-002 Kraków

Strona WWW:

<http://www.obi.opoka.org.pl/>

Skład i łamanie:

Piotr Urbańczyk

Opracowanie graficzne:

Wydawnictwo *Biblos*

Dystrybucja:

Wydawnictwo *Biblos*
Plac Katedralny 6, 33-100 Tarnów
tel. 014 621-27-77
fax 014 622-40-40
e-mail: biblos@wsd.tarnow.pl
<http://www.biblos.pl/>

ISSN 0867-8286

© by Ośrodek Badań Interdyscyplinarnych, Kraków

Wydawnictwo *Biblos* Tarnów 2012
Ośrodek Badań Interdyscyplinarnych, Kraków

Zagadnienia Filozoficzne w Nauce

LI (2012)

SPIS TREŚCI

ARTYKUŁY

- | | | |
|----------------------|-----|--|
| Magdalena GÓRNA | 3 | <i>ZAŁOŻENIA FILOZOFICZNE W NAUCE. SZKIC HISTORYCZNO-KULTUROZNAWCZY</i> |
| Jan WOLEŃSKI | 21 | <i>CIEŻKIE ŻYCIE TRADYCYJNEGO (I DOGMATYCZNEGO) METODOLOGA</i> |
| Marcin GORAZDA | 41 | <i>GRANICE WYJAŚNIENIA NAUKOWEGO cz. I</i> |
| Bartosz JANIK | 76 | <i>PROGRAM ERICA KANDELA A MATERIALIZM NIEREDUKCJONISTYCZNY</i> |
| Genowefa ŚLÓSAREK | 96 | <i>WSPÓŁCZESNA REWOLUCJA NAUKOWA NA POGRANICZU FIZYKI I BIOLOGII</i> |
| Daniel CHLASTAWA | 116 | <i>CZY KONCEPTUALIZM JEST WYSTARCZAJĄCĄ PODSTAWĄ DLA ODRZUCENIA NIEKONSTRUKTYWNYCH DOWODÓW ISTNIENIA W MATEMATYCE?</i> |

Adam 131 *MATEMATYKA CZY TEOLOGIA? HILBERT,*
OLSZEWSKI *GORDAN I POCZĄTKI FORMALIZMU*

RECENZJE

- Michał HELLER 150 *LWOWSKIE POLEMIKI WOKÓŁ TEORII
WZGLĘDNOŚCI*
- Michał HELLER 152 *MATEMATYCZNA A FILOZOFICZNA TEORIA
MIARY*
- Tadeusz PABJAN 154 *DUCHOWY PORTRET PREKURSORA TEORII
WIELKIEGO WYBUCHU*
- Tadeusz PABJAN 156 *JESZCZE JEDNA HISTORIA MECHANIKI
KWANTOWEJ*
- Tadeusz PABJAN 160 *EKLEKTYCZNY DZIENNIK PODRÓŻY
POPULARYZATORA NAUKI*

Magdalena GÓRNA

Wydział Nauk Społecznych UAM w Poznaniu

ZAŁOŻENIA FILOZOFICZNE W NAUCE. SZKIC HISTORYCZNO-KULTUROZNAWCZY

Można powiedzieć jak Kant, że metafizyka jest polem bitwy, na którym rozum ludzki walczy o uzasadnienie własnych założeń, z którymi przystępuje do badania. Ale można też z równym powodzeniem odwrócić tę metaforę i uznać, że nauka jest polem bitwy, na którym systemy metafizyczne, dając empirycznie niesprawdzalne uzasadnienia określonego sposobowi postępowania badawczego i stwarzając ramy dla jego krytycznej analizy, okazują się mającą swą przydatność w charakterze relatywnych zasad tworzenia wewnętrznie niesprzecznego i zgodnego z doświadczeniem systemu wiedzy (Amsterdamski 1973, 283).

Celem artykułu jest dokonanie zwięzłego przeglądu stanowisk filozofii nauki w kwestii roli przekonań filozoficznych w rozwoju nauki, w szczególności zaś takich przekonań, które określa się często mianem założeń filozoficznych – bądź dlatego, że nie są one uświadamiane przez naukowców, bądź z tego względu, że pełnią w ich pracy i jej wytworach funkcję swoistej podstawy. Przegląd ten dokonany będzie z punktu widzenia kulturoznawcy rozumiejącego naukę jako dziedzinę kultury. Filozofia nauki rekonstruuje niekiedy założenia metafizyczne leżące u podstaw teorii naukowych. Specyfika refleksji naukoznawczej

uprawianej w ramach kulturoznawstwa polega jednak na tym, że zarówno naukę, jak i filozofię traktuje się jako dziedziny kultury. Kulturę pojmuję tutaj jako system przekonań respektowany w określonej społeczności¹. Pewną, wyodrębnioną według pełnionych funkcji, część tego systemu, zwaną dziedziną kultury, stanowi nauka; inną zaś – filozofia. Wówczas kształt przekonań naukowców i filozofów działających w obrębie danej formacji społeczno-kulturowej uważany jest za współdeterminowany przez ich uwikłanie w system kultury i praktyki społecznej jako całości.

Z tej perspektywy przyjrzyć się zmianom, jakie zachodziły w filozofii nauki w kwestii relacji nauka-kultura. Początkowo pojmowano naukę jako sferę autonomiczną, z czasem uwzględniano jednak, w coraz szerszym zakresie, jej powiązania z otoczeniem społeczno-kulturowym, w którym jest tworzona. Mimo stosunkowo powszechnej współcześnie akceptacji zewnętrznych uwarunkowań działalności naukowej, jej autonomia nadal bywa broniona. W drugiej części artykułu przyjrzyć się krytycznie argumentacji na jej rzecz mając na uwadze poczynione tu przesądzenie, że nie tylko stanowiąca dla filozofa przedmiot badań nauka jest uwikłana w kulturę, ale dotyczy to także filozofii, która – podobnie jak nauka – może być przedmiotem badań dla kulturoznawcy.

PRZEGLĄD UJĘĆ

Michał Heller w przedmowie do podręcznika do filozofii przyrody pisze, że:

(...) filozofia jest uwikłana w naukę. (...) nauka przyjmuje – najczęściej milcząco – pewne założenia filozoficzne (teoriopoznawcze i ontologiczne) (Heller, Lubański i Ślaga 1997, 11).

Wielu innych badaczy również przyjmuje tezę o istotnym znaczeniu przesłanek natury filozoficznej dla sposobu konstrukcji problemów

¹Zaplecze teoretyczne dla niniejszej pracy stanowi społeczno-regulacyjna koncepcja kultury (Kmita 1985b, Banaszak i Kmita 1994). W sprawie ujęcia w ramach tej koncepcji relacji kultura-filozofia-nauka zob. w szczególności (Kmita 1985a, Kmita 1989).

i ich rozwiązań w nauce. Założenia tego rodzaju bywają określane różnie: jako filozoficzne właśnie, metafizyczne, epistemologiczne, metodologiczne itp. Różnią się też między sobą sposoby rozumienia ich treści i funkcji. Wspólne dla omawianych poniżej ujęć problemu założeń filozoficznych w nauce jest to, że odnoszą się one do twierdzeń o charakterze nieempirycznym i nieanalitycznym, które, wedle różnych koncepcji, stanowią zwerbalizowane lub (częściej) milczące składniki nauki bądź też sytuują się poza nią, niemniej w istotnym zakresie determinują jej rozwój i/lub treść.

Poniżej zaprezentowany zostanie krótki i z konieczności wybiórczy przegląd stanowisk przyjmowanych w kwestii roli założeń filozoficznych w nauce w XX-wiecznej filozoficznej refleksji nad nauką. Historyczny rozwój filozofii doprowadził do wyraźnego postawienia problemu relacji pomiędzy filozofią a nauką w neopozytywizmie. Filozoficzny odwrót od ontologii zapoczątkował Kantowski „przezwrot kopernikański”, niemniej dopiero w XX-wiecznej filozofii nauki kwestię tę uznano za podstawową.

Zarysowana powyżej teza głosząca doniosłą rolę założeń filozoficznych w nauce może być uznana za pokłosie starego metodologicznego problemu, tzw. kryterium demarkacji², które miałyby służyć odróżnieniu zdań wchodzących w skład nauki od tych, którym należy takiego akcesu odmówić. Tradycyjna metodologia nauki wszelkie zdania o proveniencji filozoficznej chciała poza ten krąg wyłączyć. Najbardziej reprezentatywne są tu z pewnością przedstawiane przez Rudolfa Carnapa radykalne neopozytywistyczne próby całkowitego wyeliminowania wszelkich treści metafizycznych z domeny nauki. Carnap uważał ostre rozgraniczenie tych dwóch dziedzin za kluczowe i postulował całkowite odrzucenie filozoficznej ontologii na rzecz rozstrzygnięć dostarczanych przez przyrodznawstwo. Neopozytywizm hołdował tzw. zasadzie weryfikacji głoszącej, że znaczenie mają tylko te zdania, które podlegają bezpośrednio empirycznemu sprawdzeniu. Cała metafizyka, jako niespełniająca tego kryterium, uznana została za bezsensowną,

²Zob. np. (Amsterdamski 1973, 40-72, Wójcicki 1995). Wymienieni badacze reprezentują odmienne stanowiska w sporze o przyczyny, dla których poszukiwania kryterium demarkacji zakończyły się fiaskiem.

a przez to wykluczoną z domeny tego, co naukowe. Neopozytywistyczne, empirycystyczne kryterium sensu okazało się jednak nie do utrzymania. Dodajmy przy tym, że, jak wskazali późniejsi krytycy neopozytywizmu, problematyczny jest status przywołanej powyżej zasady weryfikacji — jako zdanie nieanalityczne i nieempiryczne samo powinno zostać uznane za składnik metafizyki³.

Na gruncie falsyfikacjonistycznej krytyki neopozytywizmu, zwłaszcza głoszonego w nim indukcjonizmu oraz przekonania o istnieniu języka faktów, jako nieskażonego teorią nośnika danych empirycznych, zbudowane zostało stanowisko popperowskie. Popper utrzymał postulat konieczności istnienia kryterium demarkacji, jednocześnie jednak niejako „zrehabilitował” metafizykę. Nie oznaczało to włączenia przez niego jej elementów w zakres tego, co naukowe – Popper upatrywał znaczenia założeń metafizycznych przede wszystkim w zakresie ich funkcji heurystycznych oraz jako psychologicznie pojmowanej motywacji do stawiania nowych pytań i śmiałych (podatnych na falsyfikację) problemów. Przywoływał tutaj m.in. przykład Kopernika⁴. Rola metafizyki sprowadzała się zatem do rodzaju inspiracji, zewnętrznego źródła intelektualnego pobudzenia dla naukowców, oddzielonego jednak wyraźnie od samej nauki. Dopiero w późniejszych koncepcjach rozwoju nauki treści metafizyczne stanowić będą istotną determinantę dla teorii naukowych – nie tylko jako zewnętrzne względem nauki założenia ją fundujące, ale także jako istotne składniki samych teorii.

Prawdziwą rewolucję, *nomen omen*, w tej kwestii zapoczątkował jednak dopiero Thomas Samuel Kuhn – wprowadzając niezwykle później popularne pojęcie paradygmatu, zwrócił uwagę na społeczno-kulturowe uwarunkowania rozwoju wiedzy naukowej. Paradygmat reguluje tak zwaną naukę normalną, to znaczy pracę wspólnoty uczonych w standardowych okolicznościach (w okresach między rewolucjami naukowymi). Chcąc doprecyzować ten termin Kuhn określił ostatecz-

³Por. (Amsterdamski 1973, 51, Kołakowski 2004, 206).

⁴Zob. m.in. (Popper 2002, 275 i n., Popper 1999, 317 i n., 429 i n., Lakatos 1995, 159, przyp. 353, Grobler 2006, 81, przyp. 67). Szerzej o wpływie przekonań metafizycznych na kształt i recepcję teorii Kopernika zob. (Pietruska-Madej 1980, 115-125).

nie paradygmat jako matrycę dyscyplinarną – konfigurację czterech elementów sterujących pracą określonej wspólnoty uczonych (Kuhn 2001). Składniki te to:

1. uogólnienia symboliczne (formalizmy, prawa, definicje);
2. modele⁵;
3. wartości⁶;
4. wzory⁷ (sposoby rozwiązywania konkretnych problemów).

Założenia filozoficzne odnaleźć można w modelach i wartościach. Modele Kuhn identyfikuje jako „metafizyczne części paradygmatu” (Kuhn 2001, 318) – przekonania podzielane w obrębie wspólnoty uczonych o charakterze heurystycznym bądź nawet ontologicznym, odnoszące się do badanych obiektów i relacji między nimi (np. model atomu Bohra). Pełnią one funkcje trojakiemu rodzaju (Kuhn 2001, 318, Jodkowski 1990, 145): deskryptywną, heurystyczną (jako źródło metafor i analogii) oraz waloryzującą (współdecydują o wyborze sposobu rozwiązania problemów, określaniu nowych problemów i ich wagi). Z kolei na Kuhnowskie wartości składają się przekonania, które można by określić mianem dyrektyw metodologicznych. Nakazują one formułować teorię i oparte na niej badania w taki sposób, aby uczynić zażość wymogom spójności, niesprzeczności, prostoty, elegancji lub nawet społecznej użyteczności wyników naukowych. W ujęciu Kuhna założenia metafizyczne stanowią istotny składnik zaplecza myślowego, które reguluje pracę uczonych. Bez odwołania się do nich adekwatny opis istoty i sposobu funkcjonowania nauki nie jest możliwy.

Poglądy Kuhna stały się ważnym punktem odniesienia w dyskusji pomiędzy internalistami a eksternalistami. Internalizm to pogląd, zgodnie z którym istotne znaczenie dla treści wiedzy naukowej mają

⁵Jodkowski opisuje ten element matrycy (w jego ujęciu: macierzy) jako przekonania metafizyczne (Jodkowski 1990, 144).

⁶Jodkowski opisuje ten element matrycy jako wartości teoretyczne (Jodkowski 1990, 144).

⁷W (Kuhn 2001) występuje termin „okazy”.

wyłącznie logika i doświadczenie, a więc czynniki względem niej wewnętrzne. Jeśli natomiast czynniki zewnętrzne (psychologiczne, społeczne, kulturowe lub inne) na nią wpływają, to jest to zawsze wpływ negatywny. Eksternalizm to stanowisko przeciwne, doceniające wpływ czynników pochodzących spoza nauki na jej rozwój. Chociaż stanowisko samego Kuhna w tej kwestii nie jest jednoznaczne (por. Jodkowski 1990, 216-228 i n.), jego badania niewątpliwie dostarczyły argumentów eksternalistom.

Imre Lakatos jako uczeń Poppera pragnął z jednej strony zachować podstawowe zasady krytycznego racjonalizmu⁸, z drugiej jednak uwzględnił wyniki badań Kuhna, które, jak się zdaje, nie pozwalały zachować falsyfikacjonizmu w jego pierwotnej wersji⁹. W miejsce paradygmatu Lakatos posługuje się terminem „program badawczy”¹⁰. Na program badawczy składają się tzw. twardy rdzeń teorii, pas ochronny oraz heurystyki. Twardy rdzeń teorii, na mocy decyzji uczonych, nie podlega modyfikacjom. Zakaz ten wprowadza tzw. heurystyka negatywna, która nie zezwala na stosowanie *modus tollendo tollens* do twierdzeń składających się na twardy rdzeń. Modyfikacjom, w celu utrzymania w mocy twardego rdzenia, poddaje się tylko pas ochronny teorii, tzn. hipotezy pomocnicze i warunki początkowe. W tej konstrukcji Lakatos sytuuje założenia filozoficzne w dwóch miejscach. Po pierwsze, charakter pozaempiryczny i pozateoretyczny mają niewątpliwie heurystyki – negatywna, której treść i funkcja są z góry określone oraz pozytywne, które mają za zadanie wskazywać sposoby modyfikacji pasa ochronnego w celu zachowania twardego rdzenia oraz generować nowe problemy. Lakatos wprost pisze, że można je sformułować jako zasady metafizyczne (Lakatos 1995, 72, 80). W pewnej mierze pełnią one funkcję analogiczną do wartości Kuhna. Co jednak jest chyba ważniej-

⁸Lakatos a wersję tego stanowiska określa się niekiedy mianem racjonalności odróżnionej, zob. (Grobler 2006, 83).

⁹Lakatos swoją propozycję metodologiczną nazywa falsyfikacjonizmem wyrafinowanym (w innym tłumaczeniu: rozwiniętym (Motycka 1978)), w przeciwieństwie do falsyfikacjonizmu naiwnego czy dogmatycznego.

¹⁰Termin ten odnosi się do serii następujących po sobie teorii. Rozwój programu następuje w wyniku modyfikacji teorii pierwotnej w celu wyjaśnienia pojawiających się anomalii (niektórych z nich).

sze, Lakatos umieszcza założenia filozoficzne także w samym twardej rdzeniu teorii – obok kluczowych dla niej praw (por. Lakatos 1995, 60, 185-186, 193, Jodkowski 1990, 64, Grobler 2006, 81). Lakatos akceptacja dla roli metafizyki w rozwoju nauki idzie jeszcze dalej: jego zdaniem powody, dla których uczeni porzucają jedną teorię na rzecz innej mogą być nie natury naukowej, ale filozoficznej właśnie, czy nawet estetycznej — jest to dopuszczalne, dopóki nowa teoria jest bardziej postępową (Lakatos 1995, 166). Nie zgadza się też z Popperem w sprawie odrzucenia jako nienaukowych tych teorii, które nie mają nawet potencjalnych falsyfikatorów. Węgierski filozof nazywa je teoriami metafizycznymi syntaktycznie i postuluje zachowanie ich tak długo, jak długo generują nowe, trafne przewidywania (Lakatos 1995, 61 i n.)¹¹. Docenienie roli metafizyki odbywa się u Lakatosa – zdaniem Aliny Motyckiej (Motycka 1978) — poprzez wyróżnienie dwóch funkcji, jakie pełni teoria: poznawczej i badawczej. Funkcja poznawcza odnosi się do metodologiczno-heurystycznych aspektów teorii, niezauważanych często przez wcześniejszych filozofów i historyków nauki. W efekcie jej działania programem badawczym rządzą pozaempiryczne, normatywne reguły metodologiczne.

Lakatosa koncepcja metodologii programów badawczych sytuuje założenia filozoficzne zarówno w roli regulatora praktyki badawczej, jak i składników samych teorii naukowych, nadal mówi jednak o racjonalności jako rządzącej rozwojem nauki. Takiej „drogi środka” szuka również włoski filozof Evandro Agazzi, który chce opisywać naukę z uwzględnieniem jej historycznego i społeczno-kulturowego uwikłania z jednej strony, z drugiej jednak – „w granicach rozsądku”, jak pisze — mówić o jej autonomii. Zdaniem Agazziego, „nauka jest kom-

¹¹Mimo tego należy pamiętać, że Lakatos, z punktu widzenia popperowskiego krytycznego racjonalizmu, broni racjonalności nauki wbrew Kuhnowi. Zdaniem Lakatosa, w ostatecznym rozrachunku, racjonalna rekonstrukcja rozwoju wiedzy naukowej pokazuje, że zwyczają ta teoria, której przyjęcie jest obiektywnie bardziej racjonalne, a nie – jak chciał Kuhn – ta, która jest bardziej popularna ze względów psychologicznych czy społecznych. Gdyby natomiast w przypadku konkretnej teorii rzecz miała się inaczej, postępowanie uczonych jest godne potępienia. Lakatosa metodologia programów badawczych ma charakter normatywny, zaś Kuhna koncepcja rewolucji naukowych – opisowy.

pleksem wielorako związanym z rzeczywistością” (Agazzi 1997, 47). W obrębie tego kompleksu na poziomie analizy wyróżnia dwie nierozdzielnie splecione ze sobą w rzeczywistości warstwy nauki: naukę jako działalność (praktykowaną przez wspólnoty i jednostki ludzkie) oraz naukę jako wiedzę. Ta pierwsza jest z konieczności różnorodnie powiązana z otoczeniem społeczno-kulturowym, a przez to nie jest i nie może być ani autonomiczna, ani neutralna¹². Natomiast nauka jako wiedza pod wieloma względami zachowuje neutralność, a przez to także autonomię, w ograniczonym jednak, nie absolutnym jej rozumieniu. Przykłoty te przysługują jej dzięki walorowi obiektywności.

Pisząc o obiektywności nauki Agazzi chce mówić o takim sensie tego słowa, jakim posługuje się nauka sama, to znaczy rekonstruować pojęcie obiektywności „zawarte (...) raczej *implicite* niż *explicite* w świadomości, a w większym nawet stopniu w pracy naukowców” (Agazzi 1997, 14). Odsłania w ten sposób trzeci sposób rozumienia nauki obok wiedzy i działalności – jako świadomości badaczy. Tak ujęta obiektywność okazuje się specyficzna: przyjmuje się tutaj, że nauka nie ma do czynienia z rzeczywistością po prostu, ale że ogląda jakiś fragment rzeczywistości z określonego punktu widzenia. Termin „punkt widzenia rzeczywistości” jest w koncepcji Agazziego kluczowy. Odnosi się do zbioru predykatów, „nazw własności, relacji, funkcji” (Agazzi 1997, 17), które stanowią składnik aparatury pojęciowej jakiejś nauki, a przez to rodzaj narzędzi badawczych. Tego rodzaju struktura predykatów wyznacza przedmiot badań tej nauki oraz sposoby ich prowadzenia. Ów punkt widzenia ramowo określa, jakiego rodzaju elementy rzeczywistości są interesujące poznawczo oraz wpływa na sposób konstruowania pojęć i definicji. Jego źródło tkwi jednak poza nauką samą – należy go upatrywać w metafizyce, światopoglądach, wartościach danej kultury, w kontekście której nauka się rozwija (Agazzi 1997, 16-18, 37-38, 41, Agazzi 2000).

¹²Agazzi rozważa różne pojęcia neutralności: neutralność jako bezinteresowność, wolność od uprzedzeń, niesłużenie interesom, wolność od uwarunkowań, obojętność ze względu na cele. W żadnym z tych sensów nauka jako działalność nie jest neutralna, por. (Agazzi 1997, 36-42).

Koncepcja Agazziego przyznaje więc nauce jako wiedzy obiektywność, o ile pamięta się, że jest ona ograniczona przez dany punkt widzenia. Założenia filozoficzne wpływają zatem na naukę wprawdzie pośrednio, ale w taki sposób, że filozof nauki nie może ich znaczenia pominąć. Nauka realizuje cele poznawcze i stanowi wyróżnioną sferę, marksistowskie próby redukcji jej wyłącznie do produktu stosunków ekonomicznych nie są uprawnione. Z drugiej strony, przyjmuje nieświadomie wiele metafizycznych przesądów i operacjonalizuje je w ramach danego punktu widzenia. Dlatego rozpatrywanie jej jako abstrakcyjnego obiektu, bez uwzględniania historycznie zmiennego tła kulturowego, jest nieuprawnione.

DYSKUSJA

Wagę założeń filozoficznych dla nauki podważa Jan Woleński (Woleński 2008), postulując zaniechanie debat na ten temat z uwagi na ich bezprzedmiotowość. Autor przyznaje wprawdzie, że przekonania filozoficzne mogą odgrywać w nauce pewną rolę heurystyczną czy też motywacyjną w sensie psychologicznym, tego typu uwarunkowania sytuuje jednak w obszarze tzw. kontekstu odkrycia i z tego względu uważa je za nieistotne dla filozofii nauki i metodologii (Woleński 1996a, 141)¹³.

Autor, za Tadeuszem Czeżowskim, wskazuje trzy szczegółowe tezy, jakie najczęściej wysuwają zwolennicy twierdzenia o istotności założeń filozoficznych w nauce: 1. założenia filozoficzne warunkują

¹³Woleński sytuuje się tym samym w długiej tradycji tego sposobu myślenia, por. (Motyka 1978, 149 i n.). Rozróżnienie kontekstu odkrycia i kontekstu uzasadniania w nauce wywodzi się od Poppera (Popper 2002, 25), ale nazwę taką nadał tej dystynkcji Hans Reichenbach (Reichenbach 1967, 6 i n.). Racjonalnej rekonstrukcji stanowiącej właściwe zadanie filozofa poddać można wyłącznie gotowe wytwory praktyki naukowej, nie zaś proces ich powstawania. Ten ostatni nie jest możliwy do adekwatnego odtworzenia, a gdyby nawet był, tego rodzaju wiedza nie wniosłaby niczego interesującego do rozważań nad nauką. Wprowadzenie dychotomii kontekst odkrycia – kontekst uzasadniania miało służyć zabezpieczeniu logiki i filozofii nauki przed perspektywą psychologizacyjną i uzasadnieniu przyjęcia perspektywy logicystycznej. Szerzej na temat tej dystynkcji i twierdzeń przyjmowanych przez jej zwolenników w innym miejscu pisze sam autor (Woleński 1996d).

treść twierdzeń naukowych, 2. z twierdzeń naukowych wywieść można istotne wnioski natury filozoficznej, 3. w związku z tym zachodzi, czy też może zajść, swoista synteza nauki i filozofii. Z uwagi na typ założeń filozoficznych oraz ich relacji względem nauki, jaki jest tutaj istotny, dalsze rozważania zostaną ograniczone jedynie do pierwszej tezy. Za Czeżowskim Woleński opisuje tego rodzaju założenia filozoficzne jako:

rozmaite przeświadczenia metodologiczne, np. że księga przyrody jest zapisana językiem matematyki (Galileusz), że nie należy tworzyć hipotez (Newton), że prawa nauki są konwencjami (Poincaré), czy że wszystko winno dać się wydedukować z prostych, fundamentalnych praw (Einstein) (Woleński 2008, 257).

Swoją argumentację przeciwko tezie o wpływie tego rodzaju założeń na treść nauki Woleński konstruuje w następujący sposób. Po pierwsze, pojmuje teorię empiryczną jako zaksjomatyzowany system twierdzeń i przyjmuje, że rozumienie terminów „założenie” i „konsekwencja” jest oparte na ich definicji metalogicznej. Po drugie, wskazuje, że jego oponenti muszą precyzyjnie sformułować przywoływane przez nich założenia filozoficzne. Po trzecie, muszą oni wykazać, że założenia tego rodzaju są elementami zależności dedukcyjnych występujących w danej teorii, to znaczy, że założenie filozoficzne stanowi przesłankę, zaś twierdzenie naukowe – wniosek rozumowania dedukcyjnego obecnego w odnośnej teorii. Konkluzja Woleńskiego jest jednoznaczna – w teoriach naukowych nie da się wskazać tego rodzaju zależności. Uzasadniając swoje wyniki uczonej nie odwołuje się do założeń filozoficznych, konstruuje przewidywania i testuje je¹⁴ (Woleński 2008, 262-263).

¹⁴Autor wskazuje wprawdzie, że w przypadku, gdy empiria nie zaprzecza jego hipotezom, uczonej może zwrócić się w kierunku swoich upodobań metafizycznych, niemniej jako przykład tego rodzaju sytuacji podaje nazistowską naukę o rasie i szykany wobec Galileusza, por. (Woleński 2008, 263, przyp. 16). Stanowisko Woleńskiego w tym względzie zdaje się więc egzemplifikować internalizm w wersji sformułowanej przez Jodkowskiego – jeśli już na naukę wpływają jakieś czynniki zewnętrzne, to jest to zawsze wpływ negatywny. Ale w innym tekście Woleński wskazuje, że wpływ tego rodzaju negatywny być nie musi (Woleński 1996a, 138).

Rozważając ten sam problem w innym miejscu (Woleński 1996c) autor wskazuje na cztery możliwe sposoby rozumienia sformułowania „A stanowi założenie dla B”:

1. A stanowi warunek konieczny lub część warunku koniecznego dla B, czyli A jest racją logiczną B;
2. A stanowi presupozycję B (w sensie przyjętym przez Strawsona);
3. „A jest warunkiem zrozumienia B lub też ustalenia sensu B” (rozumienie hermeneutyczne);
4. A stanowi psychologicznie pojęty motyw dla przyjęcia B (Woleński 1996c, 322-323).

Pierwsze dwa rozumienia kwalifikuje Woleński jako logiczne i odnoszące się do nauki pojętej „wytworowo”. Zasadność ich wyróżniania neguje na sposób wyżej już omówiony. Rozumienie czwarte uważa za odnoszące się do nauki pojętej „czynnościowo” i przez to nieistotne. Rozumienie trzecie sprawia problem w kwestii ustalenia, czy odnosi się do samej praktyki badawczej, czy do jej wytworów. Niemniej, zdaniem autora, jeśli to pierwsze – to nie ma potrzeby brać go pod uwagę, jeśli zaś drugie — jest to kategoria na tyle mętna i niejasna, że nie sposób uczynić ją użyteczną w analizie. Dalej Woleński stwierdza, że w zasadzie czynniki typu 3 i 4 nie stanowią założeń w żadnym ścisłym sensie, w związku z czym nie ma potrzeby odwoływania się do tej kategorii przy ich opisie.

Argumentację Woleńskiego można odeprzeć na kilka sposobów. Najbardziej podstawowy z nich wskazywałby na fakt, że żadne chyba z przywoływanych powyżej ujęć założeń filozoficznych i ich roli w nauce, włączając w to — jak się zdaje — Czeżowskiego, nie operuje nimi jako założeniami w sensie przesłanek w dedukcji. Stąd rozumowanie Woleńskiego, jakkolwiek wewnętrznie spójne i poprawne, samo wychodzi od nietrafnej przesłanki, przez co nie osiąga swego celu, bo nie godzi w oponentów (albo tylko w jakąś nieliczną ich grupę). Założenia filozoficzne, tak jak są rozumiane w odnośnych koncepcjach, są bardziej wyrafinowane i złożone niż założenia jako termin metalogiczny.

Zgodzić się należy, że z tego względu są trudniej uchwytnie praktycznie i słabiej poddają się precyzyjnym zabiegom definicyjnym.

Problemy tego rodzaju (związane z precyzyjnym wyrażeniem treści założeń filozoficznych i zdefiniowaniem tej kategorii) wynikają przede wszystkim z faktu, że przynajmniej wedle większości autorów, są one dane w teoriach naukowych jedynie *implicite* – stanowią ich niezwerbalizowany składnik lub (według innych) zaplecze myślowe, element tzw. milczącej wiedzy. Z tego punktu widzenia wskazać można na inny powód nieprzystawalności argumentacji Woleńskiego do omawianego problemu: autor reprezentuje tzw. zdaniowe ujęcie struktury nauki, por. np. (Jodkowski 1990, 283 i n., Bobrowski 1998, 21-22)¹⁵, zgodnie z którym wiedza naukowa ma charakter zwerbalizowany, dokładniej: stanowi zbiór teorii zbudowanych z precyzyjnie wyartykułowanych aksjomatów i ich konsekwencji¹⁶. Tego rodzaju koncepcja struktury wiedzy istotnie nie może uwzględnić założeń, o których mowa. Sama jej konstrukcja nie pozostawia miejsca dla elementów innego typu niż dedukcyjnie pojmowane przesłanki i konsekwencje. Być może pozwala ona trafnie opisać przynajmniej niektóre części nauki rozumianej wytworowo (gotowych teorii)¹⁷. Założenia filozoficzne w przywoływanych koncepcjach odnoszą się jednak raczej do nauki pojętej

¹⁵Przykład niezdaniowej koncepcji struktury nauki zob. (Grobler 2006, 178 i n.).

¹⁶Jak wskazano wyżej, Woleński wprost opisuje naukę w taki właśnie sposób. Za uważa wprawdzie, że ujęcie teorii empirycznej jako systemu zaksjomatyzowanego stanowi pewnego rodzaju idealizację, budzącą nieraz sprzeciw nawet wśród fizyków (a ci reprezentują przecież najbardziej rozwiniętą naukę), niemniej stwierdza, że przyjęcie najbardziej uproszczonego schematu pozwala uwyraźnić pewne istotne aspekty wiedzy, ważne dla filozofa nauki.

¹⁷W drodze dygresji można zauważyć, że stopień komplikacji wiedzy naukowej jest obecnie tak wysoki, że wyrażenie w tej formie poważnej teorii naukowej może okazać się niewykonalne. Przytoczyć tu można szeroko znany przypadek udowodnienia hipotezy Poincarego przez Perelmana. Dowód autora, liczący kilkaset stron czynił tak wiele milczących założeń, że był w zasadzie niekomunikatywny nawet dla specjalistów w dziedzinie topologii. Skonstruowali więc oni rozszerzoną wersję, ujawniającą kroki pominięte przez Perelmana, która jest o wiele dłuższa, nadal jednak pozostaje zrozumiała jedynie dla wąskiego grona specjalistów. Rozpisanie tego dowodu do postaci czytelnej dla każdego akademickiego matematyka (nie mówiąc już o sprowadzeniu dowodu do poziomu logiki) zabrałoby kolejne setki stron. Przykład ten pochodzi wprawdzie z nauk formalnych, tym bardziej wydaje się jednak instruktywny.

jako zbiór przekonań regulujących praktykę badawczą, która dopiero generuje wytwory pod postacią teorii. Kazimierz Jodkowski (Jodkowski 1990) wskazuje szereg ważnych powodów, dla których niezwerbalizowane, czy nawet niewerbalizowalne, elementy wiedzy naukowej są dla jej rozwoju niezbędne. Jakkolwiek milczące funkcjonowanie tego rodzaju wiedzy czyni ją z konieczności mętną, jest ono jednak korzystne¹⁸. Już Popper, wbrew przekonaniu indukcjonistów o doświadczeniu jako jedynym źródle wiedzy, wskazywał, że nie jest możliwa nauka bez wcześniejszych założeń i przesądów. Można je jednak poddać krytycznej analizie i w tym trybie zamieniać na inne, por. (Grobler 2006, 87).

Również ograniczenie się wyłącznie do rozpatrywania kontekstu uzasadniania we współczesnej refleksji nad nauką jest kwestionowane. Ten sam autor zauważa zresztą w innym miejscu (Woleński 1996b, 245), że dystynkcja ta pozostaje w mocy tylko wówczas, jeśli przyjmiemy, że zasadniczej metody metodologii dostarcza logika, por. (Amsterdamski 1973, 81). Takie przekonanie bywa oceniane jako wyraz postawy dogmatycznej, która pomija czynniki nader istotne dla adekwatnego rozpoznania natury i struktury nauki, szerzej zob. (Motycka 1978, 149-150, 152-154, Such 1975, 7-25, Amsterdamski 1973, 73-100).

Jeszcze inaczej odpowiedzieć można Woleńskiemu z kulturoznawczego punktu widzenia. Nauka, jak widzi ją Woleński, nie ma statusu obiektu kulturowego. Zdaniowe ujęcie struktury nauki wyłącza ją z kontekstu historycznego oraz społeczno-kulturowego, czyniąc wy-preparowanym ze świata zewnętrznego, wyidealizowanym zbiorem logicznie uporządkowanych twierdzeń¹⁹. Taka perspektywa, charaktery-

¹⁸Por. (Jodkowski 1990, 287-307). Jak autor sam stwierdza, przytaczane przez niego argumenty są różnej wagi i mocy, stanowią jednak znaczące poparcie dla jego tezy.

¹⁹Wprawdzie Woleński stwierdza, że nauka jest generowana przez kulturę (Woleński 1996c, 327-328), niemniej nie uważa, by ta jej własność wpływała na kształt jej twierdzeń w wymiarze innym niż hermeneutyczny – ten zaś przynależy do kontekstu odkrycia, nie mówi więc nic ciekawego na temat jej istoty. Skoro tak, trudno przyjąć, że omawiany autor traktuje poważnie badanie nauki jako dziedziny kultury. Na poparcie takiej interpretacji jego myśli przywołać można następujące jego stwierdzenie:

styczna dla tradycyjnej metodologii i filozofii nauki, dla kulturoznawcy nie jest jednak możliwa do przyjęcia. Nie może on bowiem abstrahować od faktu, że nauka jako specyficzny sposób myślenia i postępowania powstała i rozwijała się w danym okresie historycznym i otoczeniu kulturowym, nie pozostając bez związku z rozwojem innych społecznych instytucji i kulturowych form myślenia – w tym filozofii.

W tym duchu rozumował, jak sądzę, również Stefan Amsterdamski, gdy pisał:

Program wykluczenia z nauki tez metafizycznych byłby uzasadniony (co jeszcze nie znaczy, że możliwy do realizacji), gdyby sytuacja rzeczywiście tak się przedstawiała, że ich akceptacja lub odrzucenie w każdym przypadku musiałyby mieć charakter nieuchronnie arbitralny, (...) sytuacja tak się nie przedstawia; po pierwsze dlatego, że bez akceptacji jakichś programów heurystycznych, dostarczających historycznie zmiennych kryteriów racjonalności i reguł metodologicznych postępowania badawczego, uprawianie nauki jest w ogóle niemożliwe; po drugie z tej racji, że metafizyka na terenie nauki nie jest po prostu zbiorem tez nefalsyfikowalnych, lecz zespołem zasad regulatywnych (...), które – wprawdzie na mocy innych reguł i na innym „poziomie” doświadczenia – podlegają racjonalnej ocenie pod kątem widzenia swej owocności (Amsterdamski 1973, 241).

Jak sam Amsterdamski wielokrotnie wskazuje, regulatywne względem nauki tezy metafizyczne nie mogą być arbitralne z uwagi na konstytutywne dla niej związku z historycznie zmiennym otoczeniem kulturowym. Przekonanie tradycyjnej metodologii o arbitralności tego rodzaju tez wynika z błędnej, zdaniem autora, wiary w autonomię nauki.

„Trzeba jednak wyraźnie odróżnić założenia naukowców i założenia nauki” (Woleński 1996c, 325). Sugeruje ono, że wprawdzie uczeni mogą nawet żywić przekonania filozoficznej proveniencji, nie ma to jednak przełożenia na naukę jako wytwór ich pracy. Wraca więc tutaj rozróżnienie kontekstu odkrycia i kontekstu uzasadniania oraz wizja nauki jako w gruncie rzeczy autonomicznej.

WNIOSKI

Wyraźnie postawienie na gruncie neopozytywizmu problemu kryterium demarkacji zapoczątkowało jedną z najważniejszych w dwudziestowiecznej filozofii nauki dyskusji nad rolą treści filozoficznych w nauce. Stanowisko filozofów ewoluowało od radykalnego zanegowania roli filozofii w nauce u Carnapa, przez zauważenie funkcji założeń filozoficznych jako zewnętrznego względem nauki czynnika stymulującego jej rozwój u Poppera oraz ich włączenie w zaplecze myślowe regulujące praktykę naukową u Kuhna, aż po uznanie założeń filozoficznych za składniki teorii naukowych u Lakatosa oraz fundament punktu widzenia nauki u Agazziego. Wprawdzie współcześnie niektórzy obrońcy tradycyjnej metodologii nauki nadal chcieliby zachować jej absolutną autonomię, lepiej uargumentowany wydaje się jednak pogląd, że nauka rozpatrywana być musi jako element otoczenia społeczno-kulturowego, w ramach którego jest uprawiana. Jeśli ująć zarówno naukę, jak i filozofię jako dziedziny kultury – ich przynależność do określonej czasowo i przestrzennej formacji społeczno-kulturowej doskonale tłumaczy wzajemne związki. Nauka i filozofia pojęte jako produkty określonej kultury (a jedynie takie ujęcie wydaje się adekwatne) autonomiczne we wskazanym wcześniej sensie być nie mogą.

LITERATURA

- AGAZZI, Evandro. 1997. *Dobro, zło i nauka. Etyczny wymiar działalności naukowo-technicznej*. Oficyna Akademicka OAK. Warszawa.
- AGAZZI, Evandro. 2000. „Filozofia przyrody. Nauka i kosmologia (Wstęp).” *Zagadnienia filozoficzne w nauce XXVI*: 21-26.
- AMSTERDAMSKI, Stefan. 1973. *Między doświadczeniem a metafizyką*. Książka i wiedza. Warszawa.
- BANASZAK, Grzegorz, KMITA, Jerzy. 1994. *Spoleczno-regulacyjna koncepcja kultury*. Instytut Kultury. Warszawa.

- BOBROWSKI, Ireneusz. 1998. *Zaproszenie do językoznawstwa*. PAN. Warszawa.
- GROBLER, Adam. 2006. *Metodologia nauk*. Aureus-Znak. Kraków.
- HELLER, Michał, LUBAŃSKI, Mieczysław, ŚLAGA, Szczepan Witold. 1997. *Zagadnienia filozoficzne współczesnej nauki. Wstęp do filozofii przyrody*. Wydawnictwo Akademii Teologii Katolickiej. Warszawa.
- JODKOWSKI, Kazimierz. 1990. *Wspólnoty uczonych, paradygmaty i rewolucje naukowe*. Wydawnictwo UMCS. Lublin.
- KMITA, Jerzy. 1985a. „Epistemologia w oczach kulturoznawcy.” *Studia Filozoficzne*, nr 4: 17-36.
- KMITA, Jerzy. 1985b. *Kultura i poznanie*. PWN. Warszawa.
- KMITA, Jerzy. 1989. „Dziedzictwo magii w nauce.” *W Racjonalność, nauka, społeczeństwo*, redakcja: Helena Kozakiewicz, Edmund Mokrzycki i Marek J. Siemek, 50-66. PWN. Warszawa.
- KOŁAKOWSKI, Leszek. 2004. *Filozofia pozytywistyczna*. PWN. Warszawa.
- KUHN, Thomas S. 2001. „Struktura rewolucji naukowych.” Rozdz. Postscriptum (1969), 301-360. Fundacja Aletheia. Warszawa.
- LAKATOS, Imre. 1995. *Pisma z filozofii nauk empirycznych*. PWN. Warszawa.
- MOTYCKA, Alina. 1978. „Jak wedle Imre Lakatosa nauka wzrastać powinna.” *W Relacje między teoriami a rozwój nauki*, redakcja: Władysław Krajewski, Elżbieta Pietruska-Madej i Jan M. Żytkow, 119-155. Zakład Narodowy im. Ossolińskich, Wydawnictwo PAN. Warszawa.
- PIETRUSKA-MADEJ, Elżbieta. 1980. *W poszukiwaniu praw rozwoju nauki*. PWN. Warszawa.
- POPPER, Karl R. 1999. *Droga do wiedzy. Domysły i refutacje*. PWN. Warszawa.

- POPPER, Karl R. 2002. *Logika odkrycia naukowego*. Aletheia. Warszawa.
- REICHENBACH, Hans. 1967. „Elementy logiki formalnej.”
W *Logika i język. Studia z semiotyki logicznej*, redakcja: Jerzy Pełc. PWN. Warszawa.
- SUCH, Jan. 1975. *Problemy weryfikacji wiedzy*. PWN. Warszawa.
- WOLEŃSKI, Jan. 2008. „Czy fizyka opiera się na założeniach filozoficznych?” W *Prawa przyrody*, redakcja: M. Heller, 251-268. Biblos.
- WOLEŃSKI, Jan. 1996a. „Dlaczego bezzałożeniowość jest utopią?”
W *W stronę logiki*. Aureus. Kraków.
- WOLEŃSKI, Jan. 1996b. „Kontrowersje metodologiczne.”
W *W stronę logiki*. Aureus. Kraków.
- WOLEŃSKI, Jan. 1996c. „O tak zwanych filozoficznych założeniach nauki.” W *W stronę logiki*. Aureus. Kraków.
- WOLEŃSKI, Jan. 1996d. „W sprawie odróżnienia pomiędzy kontekstem odkrycia i kontekstem uzasadniania.” W *W stronę logiki*. Aureus. Kraków.
- WÓJCICKI, Ryszard. 1995. „Filozofia czy teoria nauki?” W *O nauce i filozofii nauki. Księga poświęcona pamięci Jerzego Giedymina*, redakcja: Krystyna Zamiara, 158-164. Wydawnictwo Fundacji Humaniora. Poznań.

SUMMARY

THE PHILOSOPHICAL ASSUMPTIONS OF SCIENCE. A CULTURAL AND HISTORICAL PERSPECTIVE

The paper presents a short survey of standpoints in the philosophy of science related to the problem of the philosophical assumptions of science. These assumptions refer to the special kind of philosophical beliefs that scientists might not be aware of and that create a peculiar foundation of their work. The paper represents the point of view of culture studies. In this framework, science is described as one of the spheres of culture. The metaphysical assumptions of scientific theories as reconstructed by some philosophers are briefly

presented. Scientific studies, as seen from the culture studies perspective, treat both philosophy and science as the spheres of culture. In respect to this view, the paper scrutinizes the historically changing philosophical concepts of science (from those, which perceive science as an autonomous system to those that stress its relations to other socio-cultural phenomena) as well as some controversial issues related to the problem of the philosophical assumptions of science.

Jan WOLEŃSKI
Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania, Rzeszów
Uniwersytet Jagielloński, Kraków

CIEŻKIE ŻYCIE TRADYCYJNEGO (I DOGMATYCZNEGO) METODOLOGA

Magdalena Górna skreśliła polemikę z moimi poglądami na temat wzajemnych relacji pomiędzy nauką a filozofią.¹ Przy okazji sformułowała szereg obiekcji pod adresem tzw. metodologii formalnej, zwłaszcza tej, która zaleca stosowanie logiki w analizie nauki. Górna powiada, że owa metodologia jest tradycyjna, ponieważ chce „zachować jej [nauki – J. W.] absolutną autonomię [wobec czynników zewnętrznych – J. W.]” (s. 11) oraz dogmatyczna, gdyż rozpatruje wyłącznie kontekst uzasadniania i uznaje, że „zasadniczej metody metodologii dostarcza logika” (s. 10). Wprawdzie autorka nie adresuje tych uwag do mnie bezpośrednio, ale wnoszę, że jestem ich adresatem, skoro pojawiły się w polemice z moimi poglądami, a ponadto mogę siebie zaliczyć do metodologów formalnych. Pomijając kwestię, czy ktokolwiek ze współczesnych przedstawicieli formalnego nurtu w filozofii nauki (denominacje „metodologia nauk i „filozofia nauki” uważam za równoważne) twierdzi, że nauka jest absolutnie autonomiczna wobec czynników zewnętrznych, zwrócę uwagę na to, że metodologia formalna jest nadal szeroko uprawiana na całym świecie. Górna zdaje się ją

¹M. Górna, *Założenia filozoficzne w nauce. Szkic historyczno-kulturoznawczy* (tekst przesłany do redakcji „Zagadnień Filozoficznych w Nauce”). Zaproponowała mi napisanie odpowiedzi. Moje uwagi odwołują się do tekstu M. Górnej przed jego publikacją, przesłanego mi przez redakcję, w związku z czym odnoszę się do stron wedle ich numeracji w otrzymanym materiale.

utożsamiać z filozofią nauki Koła Wiedeńskiego, ale, jeśli tak jest, to jest zwyczajny błąd historyczny. Chociaż można przyjąć, że ojcowie-założyciele tego typu metodologii byli przedstawicielami neopozytywizmu lub nurtów pokrewnych, geneza ta nie ma żadnego (lub większego) znaczenia w chwili obecnej. Dla dokumentacji wystarczy zaglądnąć do takich wydawnictw jak (jest to oczywiście wybór tylko dzieł o charakterze encyklopedycznym): *A Companion to the Philosophy of Science*, ed. By W. H. Newton-Smith, Blackwell, Oxford 2000, *The Blackwell Guide to the Philosophy of Science*, ed. by P. Machamer, M. Silberstain, Blackwell, Oxford 2002, *The Philosophy of Science. An Encyclopedia*, ed. by S. Sarkar, J. Pfeifer, Routledge, London 2006, *The Routledge Companion to the Philosophy of Science*, ed. by S. Psillos, M. Curd, Routledge, London 2008, *Philosophies of the Sciences. A Guide*, ed. by F. Allhoff, Wiley–Blackwell, Malden 2010 czy wielotomowego (17 tomów) *The Handbook of the Philosophy of Science*, ed. by D. M. Gabbay, P. Thagard, J. Woods, Elsevier, Amsterdam 2006–2012.

Aczkolwiek przymiotnik „tradycyjny” może być używany albo opisowo albo oceniająco, w obu przypadkach jest skontrastowany z „nie-tradycyjny”. Górna przeciwstawia metodologię tradycyjną, czyli właśnie formalną, nietradycyjnej, czyli uprawianej w ramach kulturoznawstwa. Ponieważ ta druga jest oceniana przez autorkę bardzo pozytywnie (patrz koniec niniejszego tekstu), można wnosić, że kwalifikacja filozofii nauki uprawianej przez mnie jako tradycyjnej wyraża ujemny osąd. Jeśli rzecz dotyczy dogmatyzmu, sprawa nie przedstawia się jasno w świetle wyjaśnień Górnej. Odwołuje się ona do ocen („taka postawa bywa oceniana”, s. 10) Aliny Motyckiej, Jana Sucha i Stefana Amsterdamskiego. Sięgnąłem do powołanych przez Górną prac tych autorów i, jeśli czegoś nie przeoczyłem, nie znalazłem na wskazanych stronach nazwy „postawa dogmatyczna” na oznaczenie poglądu, że logika dostarcza zasadniczej metody filozofii nauki. Motycka s. 121), z powołaniem się na Lakatosa, pisze o tzw. dogmatycznym falsyfikacjonizmie (pogląd, że wszystkie teorie są hipotetyczne, nauka nie może żadnej uzasadnić, ale każdą może obalić), ale to nie ma nic wspólnego z postulatem o zasadniczej roli logiki jako źródła metodologicznego dla filozofii nauki. Tak więc Górna dodała coś od siebie i to pejo-

ratywnego, ponieważ przymiotnik „dogmatyczna” i rzeczownik „dogmatyzm” mają zdecydowanie ujemne znaczenie, gdy są stosowane w polemice. Motycka, Such i Amsterdamski rzeczywiście krytykują takie lub inne poglądy głoszone przez metodologów formalnych, ale wskazują nie na dogmatyzm, ale na nieadekwatność rezultatów formalistów czy logicystów. Z drugiej strony, kwestia zakresu stosowalności metod formalnych w filozofii nauki jest ciągle (i pewnie zawsze będzie) przedmiotem sporu metafizycznego, a więc zasadniczo nierozstrzygalnego lub też rozstrzygalnego z uwagi na żywione preferencje względem tego, jak filozofia ma być uprawiana..

Miałem okazję polemizować w pewnych kwestiach z Suchem (w artykule, cytowanym przez Górna, *W sprawie odróżnienia pomiędzy kontekstem odkrycia i kontekstem uzasadnienia*, w: J. Woleński, „W stronę logiki”, Aureus, Kraków 1996, s. 266–273, w szczególności s. 269–270 oraz w artykule *Logika, kontekst odkrycia i kontekst uzasadnienia*, w: „Odkrycie naukowe i inne zagadnienia współczesnej filozofii nauki. Pamięci Elżbiety Pietruskiej-Madej i Jana Żytkowa, pod red. W. Krajewskiego i W. Stawińskiego, Semper, Warszawa 2003, s. 75–87, w szczególności, s. 80) i np. zakwestionowałem jego rozumienie algorytmiczności w dowodach matematycznych. Możliwe, że nie mam racji, ale nie powinno się kwitować mojego stanowiska określając je jako postawę dogmatyczną, ponieważ próbuję argumentować za swoim stanowiskiem (np. drugi z artykułów o kontekście odkrycia i kontekście uzasadnienia stara się dodać coś do pierwszego; wróć jeszcze do tej dystynkcji). Górna nie jest zbyt konsekwentna, ponieważ na s. 9 nie wyklucza, że metody formalne mogą „trafnie opisać przynajmniej niektóre części nauki rozumianej wytworowi (gotowych teorii)”. Notuję niejaki napięcie pomiędzy protestem przeciwko pogładowi, że logika dostarcza zasadniczej metody dla filozofii nauki i konstatacją o możliwości osiągnięcia czegoś przy pomocy tej metody. Proporcje w tej mierze nie są jasne i nie ułatwiają śledzenia toku myśli polemistki. To powoduje, że życie tradycyjnego dogmatyka jest ciężkie (stąd tytuł niniejszego szkicu), nie tylko dlatego, iż zostaje scharakteryzowany przy pomocy pejoratywnych terminów, ale także z uwagi na spore trudności

z oszacowaniem przez samego siebie w jakim stopniu jest dogmatykiem, a w jakim tradycjonalistą.

Przechodząc do konkretnych uwag i obiekcji Górnej. Przedmiotem sporu są filozoficzne założenia nauki i ich rola w nauce. Autorka powiada (s. 7), że podważam „Wagę założeń filozoficznych dla nauki”, a nawet zalecam „zaniechanie debat na ten temat z uwagi na ich bezprzedmiotowość”. Kwestię tego, co podważam w sprawie filozoficznych założeń nauki i dlaczego, omówię później, a na razie zajmę się postulatem zaniechania rzeczonych debat. Dla udokumentowania swej interpretacji, Górna powołuje mój artykuł *Czy fizyka opiera się na założeniach filozoficznych?*, w: „Prawa przyrody”, pod red. M. Hellera, J. Mączki, P. Polaka, M. Szczerbińskiej-Polak, Ośrodek Badań Interdyscyplinarnych, Polska Akademia Umiejętności, Uniwersytet Jagielloński, BIBLOS, Kraków-Tarnów 2008, s. 251–268 (dalej będę operował skrótem „artykuł z 2008 r.”).² Wszelako ani w tym artykule ani w żadnym innym nie sugerowałem, że debaty na temat filozoficznych założeń nauki są bezprzedmiotowe oraz, że należy ich zaniechać. Poniższy fragment (artykuł z 2008 r., s. 268) wskazuje, że jest zgoła inaczej:

Powyższe rozważania opierają się na mocnym przekonaniu o zasadniczej odrębności kognitywnej pomiędzy nauką, zwłaszcza fizyką a filozofia, zgodnie z powiedzeniem Wittgensteina, że filozofia może być wyżej lub niżej nauki, ale nigdy obok. Nie wyrażam przez to żadnej ujemnej oceny filozofii ani też nie postuluję jej eliminacji z dociekań naukowych. To, że fizyka jako fizyka nie potrzebuje metafizyki nie ma sugerować, że pierwsza straci kiedykolwiek swa filozofio-twórczą rolę. Od czasu, gdy refleksja nad *fizys* wyodrębniła się w Grecji w samodzielną naukę, nieodmiennie towarzyszył jej namysł metafizyczny. I nic

²Wcześniej ukazał się w „Pracach Komisji Nauk Przyrodniczych Polskiej Akademii Umiejętności” I(2006), s. 41–56. Kolejna wersja została opublikowana jako *Czy nauka opiera się na założeniach filozoficznych i prowadzi do konsekwencji filozoficznych*, w: „Archai. Nauka w filozofii. Oblicza obecności”, pod red. S. Butryma, M. Czarnockiej, W. Ługowskiego i A. Michalskiej, Wydawnictwo IFiS PAN, Warszawa 2011, s. 13-31. Dla porządku zaznaczę, że publikacje z 2008 r. i 2011 r. nastąpiły z inicjatywy redaktorów odnośnych tomów i za ich wiedzą, że są to przedruki lub nowe wersje tekstu z 2006 r.

nie wskazuje, by to miało się kiedykolwiek zmienić. Nie sądzę też, by kiedykolwiek miały zniknąć tendencje do uzasadniania stanowisk metafizycznych danymi z zakresu fizyki. Tym, którzy chcą wypędzić filozofię z fizyki lub fizykę z filozofii, trzeba powiedzieć: „Porzućcie wszelką nadzieję, że to uda się kiedykolwiek”.

Podobny (prawie identyczny) tekst znajduje się zarówno w artykule z 2006 r. jak i 2011 r., co wyraźnie wskazuje, że wcale nie postuluję separacji filozofii i fizyki, a zajmuje się jedynie relacjami logicznymi pomiędzy zdaniem należącymi do tych dziedzin..

Górna dostrzegła, że, wedle moich poglądów:

przekonania filozoficzne mogą odgrywać w nauce pewną rolę heurystyczną czy też motywacyjną w sensie psychologicznym, tego typu uwarunkowanie sytuuje [Woleński] w obszarze tzw. kontekstu odkrycia i z tego względu uważa je za nieistotne dla filozofii nauki i metodologii.

Jako źródło podany jest mój artykuł *Dlaczego bezzakończoność jest utopią?*, w: J. Woleński, „W stronę logiki”, Aureus, Kraków 1996, s. 141, wszelako w tym tekście ani żadnym innym nie twierdzą, że założenia (nie: przekonania) są nieistotne dla filozofii nauki. Natomiast prawdą jest, że założeniom filozoficznym przypisuję rolę heurystyczną i lokuję je w kontekście odkrycia. Nie dodaję jednak słowa „pewną”, na ogół minimalizującego to, co jest tak kwalifikowane. W ogólności, nigdy nie szacowałem heurystycznego wpływu filozofii na naukę. Jest to zresztą niemożliwe, a najlepiej, gdy rozważania na ten temat polegają na analizie konkretnych przypadków. Przykłady znajdują się w moich pracach, ale przyznaję, że są przywoływane sporadycznie bez nadmiernej dokładności analityczno-historycznej. Z drugiej strony, nigdy nie pretendowałem do roli profesjonalnego historyka nauki. Traktowałem uwagi na temat przykładów roli kontekstu odkrycia w konkretnych badaniach tylko jako ilustracje, a nie rekonstrukcje rozwoju nauki..

Modyfikacja mojego poglądu przez Górną w postaci dodania kwalifikatora „pewną” nie jest jedynym przypadkiem stosowania tej lub podobnej metody w prowadzeniu polemiki. Oto autorka pisze (s. 8 przypis 14):

Autor wskazuje wprawdzie, że w przypadku, gdy empiria nie zaprzecza jego hipotezom, uczoney może zwrócić się w kierunku swoich upodobań metafizycznych, niemniej jako przykład tego rodzaju sytuacji podaje nazistowską naukę o rasie i szykany wobec Galileusza, por. Woleński 2008, 263, przypis. 16). Stanowisko Woleńskiego zdaje się więc egzemplifikować internalizm w wersji sformułowanej przez Jodkowskiego – jeśli już na naukę wpływają jakieś czynniki zewnętrzne, to jest to zawsze wpływ negatywny. Ale w innym tekście Woleński wskazuje, że wpływ tego rodzaju negatywy być nie musi (Woleński 1996a, 138 [*Dlaczego bezzatożeniowość jest utopią?*, j. w.]).

Górna wyraźnie zmieniła treść przypisu 16 w artykule z 2008 r. Tekst zaczyna się od zdania „Bywa, że sprawa filozoficznego uzasadnienia teorii naukowych przybiera złowrogie kształty” (podają też przykład rozważania prawomocności fizyki i genetyki z punktu widzenia materializmu dialektycznego). Sens słowa „Bywa” wyklucza konkluzję Górnej, że wpływ czynników zewnętrznych (wprawdzie nie używam określenia „czynniki zewnętrzne”, podobnie jak „czynniki wewnętrzne”, ale mniejsza o to) traktuję jako zawsze negatywny („zawsze” pełni rolę kwantyfikatora ogólnego w tym przypadku, w przeciwieństwie do „bywa” wyrażającego, że coś zdarza się, niekoniecznie bez wyjątku). Kontrast z artykułem *Dlaczego bezzatożeniowość jest utopią?*, jest pozbawiony jakiegokolwiek sensu, bo nie ma w nim w ogóle mowy o patologiach wspomnianych w przypisie 16 artykułu z 2008 r. Być może Górnej zdało się, że znalazła sprzeczność czy też niekonsekwencję (na to wskazuje słowo „Ale” występujące na początku ostatniego zdania w przypisie 14 jej tekstu), ale jest to stwierdzenie *de se*, a nie *de re*. Nie wypowiadam się na temat tego, czy Górnej słusznie zdaje się, że moje stanowisko egzemplifikuje internalizm, ponieważ nie bardzo wiem, o co jej chodzi. Traktuję internalizm i eksternalizm jako stanowiska dotyczące historii nauki (por. J. Woleński, *Paradygmaty, programy badawcze itp. – historia czy historiozofia nauki*, w: J. Woleński, „W stronę logiki”, j. w., s. 305–320) i nie widzę specjalnego związku pomiędzy kwestiami diskutowanymi w artykule z 2008 r. a rolą czynników zewnętrznych i wewnętrznych w rozwoju nauki. A już na pewno akceptuję internalizmu w takim sensie, że „jeśli na na-

ukę wpływają jakieś czynniki zewnętrzne, to zawsze to zawsze wpływ negatywny.

I jeszcze jeden przykład taktyki polemicznej stosowanej przez Górną. Pisze (s. 9, przypis 16):

[...] Woleński wprost opisuje naukę jako w taki właśnie sposób [jako system aksjomatyczny – J. W.]. Zauważa wprawdzie, że ujęcie teorii empirycznej jako systemu zaksjomatyzowanego stanowi pewnego rodzaju idealizację, budzącą sprzeciw nawet wśród fizyków (a ci reprezentują przecież najbardziej rozwiniętą naukę), niemniej stwierdza, że przyjęcie najbardziej uproszczonego schematu pozwala wyrazić pewne istotne aspekty wiedzy, ważne dla filozofii nauki.

Istotnie, sędzę, że idealizacja, którą posługuję się pozwala uchwycić „pewne istotne aspekty wiedzy, ważne dla filozofii nauki”, aczkolwiek sam nie użyłbym słowa „wiedza” jako zbyt naznaczonego kłopotami epistemologicznymi. Bynajmniej nie opisuję nauki, tylko proponuję określone idealizacyjne rozumienie teorii naukowych. Jeśli ktoś będzie upierał się, że jest to fragment opisu nauki, nie zaprotestuję, uznając ewentualny spór za terminologiczny. Dalej, aksjomatyczne ujęcie teorii empirycznych uważam za ich reprezentację właściwą dla formalnej metodologii nauk. Podaję argumenty za takim stanowiskiem, być może za słabe, ale jakieś. Zwrócę uwagę tylko na jeden, który omówiłem w swoich pracach i dodam inny pominięty we wcześniejszych publikacjach (z wyjątkiem artykułu *Czy nauka opiera się na założeniach filozoficznych i prowadzi do konsekwencji filozoficznych*; por. przypis 2). Po pierwsze, nawet jeśli fizycy mają zastrzeżenia do przedstawiania ich teorii jako systemów aksjomatycznych, filozofowie mają przecież prawo do własnej perspektywy, bo ich interes poznawczy jest odmienny od tych, które kierują przyrodnikami. Po drugie, szósty ze słynnych 23 punktów programu Hilberta przedstawionego na kongresie matematycznym w Paryżu w 1900 r. postulował aksjomatyzację całej fizyki, co świadczy, że idea ta wcale nie należy wyłącznie do filozofów nauki. Wprawdzie dzisiaj uważa się, że aksjomatyzacja fizyki nie jest problemem matematycznym oraz, że jest wykonalna lokalnie, a nie globalnie. Jest też poważnie traktowana przez niektórych fizyków (por.

N. N. Bogolubov, A. A. Logunov, I. T. Todorov, *Introduction to Axiomatic Quantum Field Theory*, The Benjamin / Cummings Publishing Company, Reading, Mass. 1975., G. Ludwig, *An Axiomatic Basis for Quantum Mechanics I-II*, Springer Verlag, Berlin 1985, J. Schröter, *Zur Meta-theorie der Physik*, de Gruyter, Berlin 1996, G. Ludwig, G. Turler, *A New Foundation for Physical Theory*, Springer Verlag, Berlin 2006), a nie tylko przez filozofów nauki. Wreszcie, nigdzie nie stwierdziłem, że korzystam ze skrajnie uproszczonego schematu. Stwierdziła to Magdalena Górna i aż dziw bierze, że osoba korzystająca z dorobku poznańskiej szkoły metodologicznej nie dostrzega różnicy pomiędzy idealizacją a skrajnie uproszczonym schematem. Nawiasem mówiąc, Górna przeoczyła fragment z artykułu z 2008 r. (s. 259) wskazujący, że teoria może być pojmowana bardzo lokalnie, tj. jako pojedyncza hipoteza i jej konsekwencje.

Niewątpliwie kwestia odróżnienia kontekstu odkrycia i kontekstu uzasadnienia jest jedną z kluczowych w polemice Górnej ze mną. Istotnie, optuję za tą dystynkcją oraz za tezą o niezależności drugiego wobec pierwszego. Uważam również, że kontekst odkrycia jest bardziej interesujący dla metodologii formalnej niż kontekst odkrycia (powiedziałbym nawet, że dla filozofii nauki w ogóle, ale tak mocne stwierdzenie nie jest tutaj istotne). Zdaję sobie w pełni sprawę z tego, że pogląd, który akceptuję jest kontrowersyjny i odrzucany przez wielu poważnych filozofów nauki. W moim artykule *Logika, kontekst odkrycia i kontekst uzasadnienia*, j. w. zaproponowałem pewne uzupełnienie tradycyjnego ujęcia dystynkcji pomiędzy oboma kontekstami, mianowicie przez wprowadzenie interpretacji rzeczowej i interpretacji logicznej. Z grubsza mówiąc, pierwsza traktuje proces odkrycia i proces uzasadniania jako stadia procesu naukowego, a druga kładzie nacisk na zbiory stosownych czynności. W przywołanym tekście, argumentuję za tym, że o ile nie da się oddzielić kontekstu odkrycia i kontekstu uzasadnienia pod względem rzeczowym, tj. jako stadiów procesu naukowego, to inaczej jest w przypadku rozumienia logicznego, ponieważ, przy wszystkich problemach związanych z identyfikacją zakresów predykatów „jest elementem kontekstu odkrycia” i „jest elementem kontekstu uzasadnienia”, nie ma powodu, aby sądzić, że owe zakresy są

identyczne. Przy okazji zaznaczę, że Górna zupełnie bezzasadnie przypisuje (s. 10) mi pogląd, że odróżnienie kontekstu odkrycia i kontekstu uzasadnienia zależy („pozostaje w mocy”), gdy ”przyjmiemy, że zasadniczej metody metodologii dostarcza logika” (przypominam, że to świadczyć ma o moim dogmatyzmie). Otóż, niczego takiego nie napisałem i proponuję Górnej, aby jeszcze raz przeczytała s. 245 w mojej książce „W stronę logiki”, które to miejsce przywołuje w swoim tekście. Dwa ostatnie zdania nie powinny być traktowane jako odżegnanie się od poglądu, że analiza logiczna jest wydajną metodą w filozofii nauki.

Można wskazać dwa główne powody, aby odróżniać zdarzenia prowadzące do odkrycia naukowego i czynności uzasadniające rezultaty odkryć. Po pierwsze, uzasadnienie nie musi odwoływać się do okoliczności istotnych dla odkrycia, a po drugie, procedury stosowane w uzasadnieniu są zestandaryzowane i przez to łatwiej identyfikowalne, w przeciwieństwie do tego, co mieści się w kontekście odkrycia. Standaryzacja wręcz sugeruje wykorzystanie logiki i innych technik formalnych w analizie sposobów uzasadniania i akceptacji rezultatów badań naukowych. Wszelako to, że nie trzeba powoływać się na kontekst odkrycia przy uzasadnieniu wyników pracy naukowej, nie implikuje, że nie można, a stąd kontekst odkrycia i kontekst uzasadnienia mogą przecinać się (mają niepustą część wspólną). Co więcej, dzisiejsze tendencje, związane z analizą baz danych i wykorzystaniem technik matematyczno-informatycznych w projektowaniu badań, prowadzą do coraz znaczniejszej formalizacji drogi odkryć. Wprawdzie wspominałem o tym w swoich artykułach, ale były to uwagi zbyt marginalne. Niemniej jednak, to raczej kontekst odkrycia podlega standaryzacji charakterystycznej dla kontekstu uzasadnienia niż ten drugi zostaje pozbawiony reguł proceduralnych. Nie spodziewa się, że nakreślony obraz zostanie zaakceptowany przez filozofów nauki podzielających punkt widzenia Górnej. Chciałbym jednak zwrócić uwagę na to, że w swoich pracach, w szczególności w artykule *Kontrowersje metodologiczne* (w: J. Woleński, „W stronę logiki”, j. w., s. 239–250), charakteryzuję rozmaite koncepcje metodologii i żadnej z nich nie wykluczam z filozofii nauki. Nie wiem, dlaczego Górna imputuje mi coś

innego. Byłoby dobrze, gdyby zdała sobie sprawę z tego, że czym innym jest opowiedzenie się za pewną koncepcją filozoficzną jako trafną, a czym innym uznanie, że poglądy odmienne trzeba banitować z filozofii. Ponadto, o ile tylko nie traktuje się odróżnienia konteksty od krycia i kontekstu uzasadnienia jako absolutnego, a sam uważam je za względne, stanowisko, którego bronię jest bliskie poglądom Amsterdamskiego i Sucha. Ten drugi zgadza się (*Problemy weryfikacji wiedzy*, PWN, Warszawa 1975, s. 15; książka ta jest cytowana przez Górną) z Ajdukiewiczem, że pojęcie uzasadniania „odgrywa centralną rolę w metodologii”.

Górna zaczyna argumentację przeciw mojemu ujęciu miejsca założeń filozoficznych w nauce od stwierdzenia, że za Tadeuszem Czeżowskim wyróżniam trzy szczegółowe tezy w sprawie roli założeń filozoficznych w nauce: (1) założenia te warunkują treść twierdzeń naukowych; (2) z twierdzeń naukowych wywieść można istotne wnioski filozoficzne; (3) w związku z (2) możliwa jest swoista synteza nauki i filozofii. To sprawozdanie jest jednak nieadekwatne w stosunku do treści mojego artykułu. Komentując uwagę Czeżowskiego (zacytowaną na s. 256 w artykule z 2008 r.) powiadam, że można ją uogólnić wskazując na trzy kanały przenikania idei filozoficznych do badań naukowych: (a) poprzez pewne przeświadczenia metodologiczne; (b) drogą analiz pojęciowych; (c) drogą takich założeń jak poznawalność świata, obiektywność zjawisk czy intersubiektywność poznania zmysłowego. Jak łatwo zauważyć (1) – (3) różni się od (a) – (c). O ile punkty (a) – (c) służą głównie podsumowaniu poglądów Husserla, Ingardena i Czeżowskiego na wzajemny stosunek filozofii i nauki, lista (1) – (3) ma związek z pytaniami, jakie postawiłem w artykule z 2008 r. (s. 254; zmieniam oznaczenia z cyfrowych na literowe, aby nie doszło do konfuzji z punktami podanymi przez Górną): (A) czy fizyka opiera się na założeniach filozoficznych?; (B) czy fizyka ma konsekwencje filozoficzne?; (C) czy możliwa jest synteza filozofii i fizyki? Moje odpowiedzi są negatywne, przy czym mam na myśli (a propos (C)) syntezę (nie używam przymiotnika „swoistą”) w ramach fizyki lub mającej taki status jak fizyka. Żadne z pytań (A) – (C) nie sugeruje tezy (1). Tymczasem Górna informuje (s. 7):

Z uwagi na typ założeń filozoficznych oraz ich relacji względem nauki, jaki jest tutaj istotny, dalsze rozważania będą ograniczone tylko do pierwszej tezy [założenia filozoficzne warunkują treść twierdzeń naukowych – J. W.].

Wszelako teza (1) w ogóle nie jest dyskutowana w moim artykule. Zajmuję się tylko tym, czy założenia, o których mowa w punktach (a) – (c) (i podobne) pełnią rolę dedukcyjną w teoriach fizykalnych i odpowiadam, że nie pełnią.

Pytanie, czy założenia filozoficzne warunkują treść twierdzeń naukowych, odpowiem, że wszystko zależy od jasnego objaśnienia, co znaczy warunkować w tym przypadku. To nie jest tylko zgryźliwość tradycyjnego dogmatyka. Czy warunkują znaczy tyle samo, co kształtują lub wpływają? Warunkują czy współwarunkują? Tylko warunkują czy warunkują ze sprzężeniem zwrotnym? Przypuszczam, że nie ma na to jednej i ogólnej odpowiedzi, a rzecz najlepiej pozostawić studiom nad konkretnymi przypadkami. Tak też dzieje często dzieje się i nie trudno znaleźć wiele (w istocie rzeczy, mnóstwo) prac poświęconych temu zagadnieniu. Ograniczając się tylko do monografii poświęconych kwestiom ogólnym, wydanych w ostatnich kilkunastu latach wymienię (lista jest na pewno niekompletna): J. T. Cushing, *Philosophical Concepts in Physics. The Historical Relation between Philosophy and Scientific Theories*, Cambridge University Press, Cambridge 1998, R. Toretti, *The Philosophy of Physics*, Cambridge University Press, Cambridge 1999, M. Lange, *The Philosophy of Physics. Locality, Fields, Energy and Mass*, Blackwell 2002, M. Longair, *Theoretical Concepts in Physics. An Alternative View of Theoretical Reasoning in Physics*, Cambridge University Press, Cambridge 2003 czy F. Weinert, *The Scientist as Philosopher: Philosophical Consequences of Great Philosophical Discoveries*, Springer, Berlin 2005. Wszystkie prezentują podobną metodę, polegającą na śledzeniu korelacji pomiędzy pojęciami fizykalnymi i pojęciami filozoficznymi (rozważa się m. i. pojęcia czasu, przestrzeni, materii, cząsteczki, masy, siły energii czy

pola) ilustrowanych obszernym materiałem historycznym.³ Po lekturze tych prac trudno mieć wątpliwości, czy filozofia wpływa (wolę takie sformułowanie niż przy użyciu słowa „warunkują”) na treść twierdzeń naukowych, ale to nie znaczy, że są one uzasadniane takowym uwarunkowaniem. A jeśli tak, to, zgodnie z moimi poglądami, założenia czy idee filozoficzne należą do heurystycznej strony nauki, a nie do kontekstu uzasadnienia twierdzeń naukowych.

Górna przedstawia moją argumentację przeciwko tezie, że fizyka opiera się założeniach filozoficznych jako racjach logicznych (oznaczę ją jako (*)) jako skierowaną przeciwko (1). Pomijając to całkowicie błędne podstawienie, rekonstrukcja (s. 8-9) Górnej nasuwa Rozmaite zastrzeżenia. Po pierwsze, autorka źle używa pojęć

warunku koniecznego i racji logicznej. Przypomina listę znaczeń zdania „*A* stanowi założenie dla *B*” podaną przeze mnie i na pierwszym miejscu (zgodnie z porządkiem przyjętym w moim tekście) wskazuje (oznaczę to przez (i); autorka używa innych symboli): *A* stanowi warunek konieczny lub część warunku koniecznego dla *B*, czyli *A* jest racją logiczną *B*. Wszelako to nie jest poprawna relacja z mojego tekstu (chodzi o artykuł *O tzw. filozoficznych założeniach nauki*, j. w., s. 321-328; por. s. 322), ponieważ jeśli *A* jest racją logiczną dla *B*, to *A* jest warunkiem wystarczającym (a nie koniecznym) dla *B*. Gdy *A* jest warunkiem koniecznym dla *B*, *B* jest racją logiczną dla *A*. O ile Górna nie pomyliła liter *A* i *B*, popełniła bardzo poważny błąd logiczny. Pozostałe znaczenia to (podaję wedle moich sformułowań, ale odmienności w porównaniu z werbalizacją Górnej są nieistotne); (ii) *A* jest założeniem dla *B*, jeśli *A* jest presupozycją dla *B*; (iii) *A* jest założeniem dla *B*, jeśli *A* jest warunkiem zrozumienia *B* lub ustalenia sensu *B* (hermeneutyczne użycie terminu „założenie”); (iv) *A* jest założeniem dla *B*, jeśli *A* jest całkowitym lub częściowym motywem dla uznania lub zaproponowania *B*. Przyjąłem, że rozumienie logiczne (dokładniej: pierwsze, ponieważ zadowalające zdefiniowanie pojęcia presupozycji nastęrcza rozmaite i kłopoty) jest podstawowe, przynajmniej dla analizy opierają-

³Jest rzeczą dość zaskakującą, że podobnych opracowań brakuje w literaturze polskiej. Książki Michała Hellera są może najbliższe takiemu sposobowi zestawiania fizyki (zwłaszcza kosmologii) i filozofii.

cej się na przyjęciu, że teorie są systemami aksjomatycznego. W szczególności, takie rozumienie założenia jest umożliwiające uzasadnienia (tezy (*)), ale wystarczy przyjęcie, że dedukcja jest podstawowym sposobem uzasadniania w nauce.

Dalej Górna pisze tak:

Pierwsze dwa rozumienia kwalifikuje Woleński jako logiczne i odnoszące się do nauki rozumianej wytworowi. Zasadność ich wyróżniania neguje na sposób wyżej już omówiony. Rozumienie czwarte uważa odnoszące się do nauki pojętej „czynnościowo” i przez to nieistotne. Rozumienie trzecie sprawia problem w kwestii ustalenia, czy odnosi się do samej praktyki badawczej czy do jej wytworów. Niemniej jednak, zdaniem autora, jeśli to pierwsze – to nie ma potrzeby brać go pod uwagę, jeśli zaś drugie – jest to kategoria na tyle mętna i niejasna, że nie sposób uczynić ją użyteczną w analizie. Dalej Woleński stwierdza, że w zasadzie czynniki typu 3 i 4 nie stanowią założeń w żadnym ścisłym sensie, w związku z czym nie ma potrzeby odwoływania się do tej kategorii przy ich opisie.

Zaczynając od końca, ostatnie zdanie nie jest zbyt jasne. Przyjmuję, że autorka chciała powiedzieć coś takiego: „wedle Woleńskiego, rozumienie 3 i 4 ((iii) i (iv) przy moich oznaczeniach) nie kształtują pojęcia założenia w ścisłym sensie, więc nie ma powodu stosować nazwy „założenie” przy ich opisie”. Zgadzam się z tym, że (iii) i (iv) nie kształtują wyraźnych pojęć, ale nigdzie nie napisałem, że z tego powodu „nie ma potrzeby” nazywać ich założeniami. Wszystko zależy od tego, co kto, co i w jakim celu potrzebuje. Moją intencją było wybranie takiego sensu terminu „założenie”, który byłby przydatny w analizie logicznej, co nie implikuje, że inne rozumienia nie są dopuszczalne. Jeśli rzecz dotyczy (iii), to może Górna ma problem z ustaleniem do czego odnosi się to znaczenie terminu „założenie”. Ja zwróciłem uwagę tylko na to, że niejednoznaczność relacji hermeneutycznej dopuszcza jej określanie na czynnościach, wytworach lub w sposób mieszany, tj. na czynnościach i wytworach, a więc w zależności od przyjętej interpretacji, dalsze kroki są już proste. To, co następuje po zwrocie „zdaniem autora” jest już rezultatem inwencji Górnej, bo niczego takiego nie stwierdziłem. Prawdą jest, że znaczenie wyznaczone przez (iv) uważam za

nieistotne, bo odnosi się do nauki w w sensie pragmatycznym (tj. rozumianej jako czynności). Zdanie „Zasadność ich [tj. rozumień logicznych – J. W.] wyróżniania neguje w sposób wyżej już omówiony” jest fałszywe z dwóch powodów. Po pierwsze, nie neguję, a nawet wręcz przeciwnie, gdyż w pełni akceptuję zasadność ich wyróżniania, a po drugie, Górna nie omówiła sposobu negowania, bo też nie miała czego.

Górna odpiesa moją argumentację „na kilka sposobów” (s. 9):

Najbardziej podstawowy z nich wskazywałby na fakt, że żadne chyba z przywoływanych powyżej ujęć założeń filozoficznych i ich roli w nauce, włączając w to – jak się zdaje Czeżowskiego – nie operuje nimi jako założeniami w sensie przesłanek w dedukcji. Stąd rozumowanie Woleńskiego, jakkolwiek wewnętrznie spójne i poprawne, samo wychodzi od nietrafnej przesłanki, przez co nie osiąga swego celu, bo nie godzi w oponentów (albo tylko w jakąś nieliczną ich grupę). Założenia filozoficzne, tak jak są rozumiane w odnośnych koncepcjach są, są bardziej wyrafinowane i złożone niż założenia jako termin metalogiczny.

Zawsze to coś miłego, gdy tradycyjny dogmatyk przeczyta w tekście przedstawiciela orientacji kulturoznawczej, że jego (dogmatyka) rozumowanie jest wewnętrznie poprawne i spójne. Czar pryska, by tak rzec, przy próbie egzegezy tego, co jest poprawne i spójne, a mimo to podlega odparciu na kilka sposobów. Przede wszystkim, desygnat nazwy „argumentacja Woleńskiego” nie jest jasny w krytyce przeprowadzonej przez Górna. Argumentacja ma swoje przesłanki, tok i konkluzję. Moje rozumowanie kończy się tezą (*) jako konkluzją. Jak już zaznaczyłem, ten wniosek nie jest nawet wspomniany przez Górna. Być może sądzi ona, że argumentuję przeciwko tezie (1), tj. za stwierdzeniem (**) Założenia filozoficzne nie warunkują treści (nie wpływają na treść) twierdzeń naukowych. Gdyby tak było, to moja argumentacja jest jawnie niepoprawna, gdyż jej przesłanki nie mają bezpośredniego związku z (**). Przypominam, że nie kwestionuję tego, że idee (jeśli ktoś woli, założenia) filozoficzne wpływają na treść twierdzeń filozoficznych. Dodam tutaj, że dzieje się to przez wpływ na znaczenie pojęć, ale nawet, gdy tak jest zafiksowane (nawet częściowo) pojęcie naukowe staje się elementem nauki, niezależnie od tego, czy znalazło się w orbicie wpływów filozoficznych czy też nie.

Inna interpretacja odpierania mojej argumentacji przez Górną polega na przyjęciu, że jej atak dotyczy przesłanek (dokładniej, jednej z nich) bez wdawania się w to, co te przesłanki mają uzasadniać. Chodziłoby więc nie o argumentację na rzez (*), ale o zasadność przyjęcia takich a nie innych przesłanek. Sugeruje to fraza „nie operuje nimi [założeniami] w sensie przesłanek w dedukcji”. Górna deklaruje, że żadne z przywołanych przeze mnie ujęć tak nie operuje założeniami, co sprawia, że moja argumentacja „nie godzi w oponentów”. Proponuję, aby Górna uważnie przeczytała zacytowane przeze mnie fragmenty z Husserla i Ingardena, a może wtedy uzna, że interpretacja pojęcia założenia w rozumieniu tych autorów jako racji logicznej jest zasadna. Jeśli moja oponentka powie, że było to dawno, niech przeczyta artykuł Władysława Stróżewskiego *Filozofia a nauka*, „Prawa przyrody”, pod red. M. Hellera, J. Mączki, P. Polaka, M. Szczerbińskiej-Polak, Ośrodek Badań Interdyscyplinarnych, Polska Akademia Umiejętności, Uniwersytet Jagielloński, BIBLOS, Kraków–Tarnów 2008, s. 235–250) i rozważy, czy proponowane przeze mnie pojęcie założenia nie może być zastosowane do niektórych wywodów tego autora. Wprawdzie Górna nie dyskutuje (*), ale radbym wiedzieć, jaki jest jej pogląd na ten temat. Czy stwierdzenia filozoficzne są (niekiedy oczywiście) racjami logicznymi lub częściami takowych racji dla twierdzeń fizyki czy też nie są? I dalej, czy twierdzenia nauki pociągają logicznie tezy naukowe i czy język nauki jest współmierny z językiem filozofii? Jeśli odpowiedzi byłyby pozytywne, trzeba by podać stosowne przykłady (por. artykuł z 2008 r., s. 262), ponieważ ciężar dowodu spoczywa na proponencie poglądu, że zachodzą związki logiczne pomiędzy rozstrzygnięciami filozoficznymi a rozstrzygnięciami naukowymi.

Górna dodaje dwa kolejne dalsze zarzuty przeciwko mojej argumentacji. Po pierwsze, zauważa, iż reprezentuję tzw. zdaniowe ujęcie struktury nauki i charakteryzuje je tak (s. 9):

Wiedza naukowa ma charakter zwerbalizowany, dokładniej stanowi zbiór teorii zbudowanych z precyzyjnie wyartykułowanych aksjomatów i ich konsekwencji.

Wszelako niezdaniowa koncepcja nauki bynajmniej nie zakłada, że jest ona niezwerbalizowana, a także nie implikuje, że teorie naukowe są

systemami aksjomatycznymi, ale, z drugiej strony, niezdaniowe ujęcie teorii naukowych nie wyklucza ich aksjomatyzacji. Tzw. niezdaniowa koncepcja teorii jest alternatywnym sposobem charakteryzowania systemów naukowych przy pomocy tzw. predykatów teoriomnogościovych i ich zasięgów. Pozostaje ona całkowicie w ramach metodologii formalnej. Istotnie, uznaję, że teorie naukowe są zbiorami zdań (pomijam uzasadnienie tego stanowiska), ale moja argumentacja może być powtórzona na gruncie koncepcji niezdaniowej. Górna wytyka mi także (s. 1, po [...] tekst z przypisu 19) rzecz następującą:

Nauka jak widzi ją Woleński nie ma status obiektu kulturowego. Zdaniowe ujęcie struktury nauki wyłącza ją z kontekstu historycznego oraz społeczno-kulturowego, czyniąc wypreparowanym ze świata zewnętrznego wyidealizowanym zbiorem twierdzeń. Taka perspektywa, charakterystyczna dla tradycyjnej metodologii i filozofii dla kulturoznawcy jest jednak nie do przyjęcia. [...]. Wprawdzie Woleński stwierdza, że nauka jest generowana przez kulturę (Woleński 1996, 327 – 328 [O tzw. *filozoficznych założeniach nauki*, j. w. – J. W.]), niemniej nie uważa, by ta jej własność wpływała na kształt jej twierdzeń w wymiarze innym niż hermeneutyczny – ten zaś przynależy do kontekstu odkrycia, nie mówi więc nic ciekawego o istocie nauki. Skoro tak, trudno przyjąć, że omawiany autor traktuje poważnie badanie nauki jako dziedziny kultury. Na poparcie takiej interpretacji jego myśli przywołać można następujące jego stwierdzenie: „Trzeba jednak wyraźnie odróżnić założenia naukowców i założenia nauki” (Woleński 1996c, 325). Sugeruje ono, że wprawdzie uczeni mogą nawet żywić przekonania filozoficznej proveniencji, nie ma to jednak przełożenia na naukę jako wytwór ich pracy. Wraca więc tutaj rozróżnienie kontekstu odkrycia i kontekstu uzasadnienia oraz wizja nauki jako w gruncie rzeczy autonomicznej.

Jest tajemnicą autorki, dlaczego zdaniowa koncepcja struktury nauki ma ją wyłączać z kontekstu historycznego czy społeczno-kulturowego i odrywa od świata zewnętrznego. Przypuśćmy, że ktoś przedstawia mechanikę klasyczną jako system aksjomatyczny opierając się na *Principiach* Newtona, ale wykorzystując współczesne narzędzia formalizacji. Produkt takiego zabiegu jest na pewno wyidealizowanym (w po-

równaniu z oryginałem) tworem logicznym, ale nic nie stoi na przeszkodzie, aby przy jego pomocy badać historycznie i kulturowo daną treść teorii Newtona. Górna nie dostrzega różnicy pomiędzy ogólnym pojęciem teorii jako systemu zaksjomatyzowanego a jego ewentualnymi aplikacjami do konkretnych przypadków historycznych. Przykład (przypis 17) z Perelmana dowodem hipotezy Poincarégo jest chybiony. Autorka powiada, że dowód jest tak obszerny i skomplikowany, że jego formalizacja byłaby niekomunikatywna, nawet dla specjalistów. Wszelako pojęcie dowodu sformalizowanego nie zostało wprowadzone po to, aby formalizować realne argumentacje matematyczne, ale po to, aby uczynić dedukcje przedmiotem ścisłych badań matematycznych. Jeśli zaś rzecz dotyczy konkretnych dowodów, przyjmuje się, że mogą i powinny być nieformalne, aczkolwiek w przypadku wątpliwości co do poprawności dedukcyjnej jakiegoś kroku, jego formalizacja jest (lub może być) przydatna.

Jeśli zaś chodzi o bezpośrednie uwagi na temat moich poglądów wyrażone w ostatnio zacytowanym fragmencie z tekstu Górnej, najlepiej będzie, gdy zacytuję dwa fragmenty, do których Górna odnosi się, czyli z artykułu *O tzw. filozoficznych założeniach nauki*, j. w., s. 325, s. 327-328):

Trzeba [...] wyraźnie odróżnić założenia naukowców od założeń nauki. Jest bowiem rzeczą oczywistą, iż tego, że np. Kepler zakładał matematyczny ustrój kosmosu, wcale nie wynika, że sformułowane przez niego prawa wymagają takiego założenia. Zachodzi tutaj może istotniejsza różnica pomiędzy założeniami nauki a założeniami naukowców, o ile w ogóle godzimy się na takie różnienie. O założeniach naukowców wypada mówić w języku czynności, a o założeniach nauki – raczej w języku wytworów; okoliczność ta wyjaśnia, dlaczego nie ma pełnej korespondencji pomiędzy założeniami naukowców i założeniami nauki. [...].

Tezy filozoficzne bywają założeniami hermeneutycznymi też naukowych i na odwrót. Myślę, że wyjaśnienie tej kwestii równałoby się znalezieniu „kamienia filozoficznego”. Tedy ograniczę się do następujących uwag. Nauka jest produktem ogólnej sytuacji kulturowej i jednym z elementów interpretacji świata

produkowanej przez każdą kulturę. Byłoby rzeczą dziwną, gdyby nauka była wyizolowanym producentem takiej interpretacji lub też, gdyby produkcja takiej interpretacji pomijała naukę. Naukowiec, jak i każdy ma prawo do wypowiadać się na temat świata i ma prawo to czynić przez pryzmat stosowanych przez siebie narzędzi. Lektura prac naukowców, zwłaszcza fizyków, świadczy, że rozumienie i wykładnia sensu pojęć i twierdzeń nauki odbywa się w ramach dialogów operujących kategoriami filozoficznymi, ale profesjonalny produkt tej pracy, tj. artykuły fachowe, monografie czy podręczniki, jest zwykle wypreparowany z owej hermeneutyki. Daje to jednym komentatorom złudzenie, że rzecz cała sprowadza się do heurystycznej roli filozofii, a innym motyw dla traktowania filozofii jako jawnych lub entymematycznie stosowanych racji logicznych jako presupozycji twierdzeń naukowych. Ostatecznie jednak rezultat operacji hermetycznych nad nauką jest bardziej filozofią aniżeli nauką. To powinno pocieszyć filozofów, a – jak wskazuje praktyka nie martwi naukowców.

Mam nadzieję, że zacytowany fragment, skreślony właśnie jako uwaga ma marginesie, a nie rozwiązanie kwestii roli hermeneutyki w nauce, dostatecznie falsyfikuje stwierdzenie Górnej, że nauka nie ma statusu obiektu kulturowego, a także ujawnia głębsze powody dla wprowadzenia odróżnienia założeń nauki i założeń naukowców. Dla porządku dodam, że rozmaite zagadnienia związane z pojęciem nauki omawiam w artykule *Dwa pojęcia nauki: metodologiczne i socjologiczne*, „Prace Komisji Historii Nauki IX(2009) s. 163–180. Mój pogląd jest zresztą taki, że badanie nauki jako faktu społecznego należy do socjologii nauki, ale do kulturoznawstwa, ale to zapewne kwestia gustu.

Czego natomiast dowiadujemy się o nauce i jej stosunku do filozofii z tekstu Górnej, przypominam, że zakładającym perspektywę kulturoznawczą? Pomijając streszczenie poglądów kilku autorów (np. Kuhna, Lakatosa czy Agazziego), mniej lub bardziej oddalonych od kulturoznawczej analizy nauki, autorka formułuje następujące tezy (wybieram te, które wydają się szczególnie ważne; por. s. 1–2, 9–10; niektóre sformułowania przytaczam *verbatim*): (a) specyfika refleksji naukoznawczej w ramach kulturoznawstwa polega na traktowaniu nauki i filozofii jako dziedzin kultury – to ujęcie doskonale tłumaczy wzajem-

nie związku nauki i filozofii i tylko ono jest adekwatne; (b) kultura jest systemem przekonań respektowanym w danej społeczności; (c) pewna, funkcjonalnie wyodrębniona część kultury jest nauką, a inna filozofią; (d) kształt przekonań naukowców i filozofów uprawiających swe dyscypliny w ramach danej formacji społeczno-kulturowej traktowany jest jako współdeterminowany przez ich obecność (uwikłanie) system kultury i praktyki społeczność jako całości; (e) przesłanki natury filozoficznej mają istotne znaczenie dla konstrukcji problemów i ich rozwiązań w nauce; (f) założenia filozoficzne są złożone i wyrafinowane, aczkolwiek zgodzić się ich złożoność i wyrafinowanie powodują trudności w ich praktycznym uchwyceniu i poddaniu precyzyjnym zabiegom definicyjnym; (g) założenia filozoficzne są dane jedynie *implicite*, tj. stanowią niezwerbalizowany składnik wiedzy naukowej (tło myślowe, fragment tzw. wiedzy milczącej); (h) założenia filozoficzne odnoszą się do nauki pojętej jako zbiór przekonań regulujących praktykę badawczą, która generuje teorie jako wytwory; (i) nauka jako specyficzny sposób myślenia i postępowania powstała i rozwijała się w danym okresie historycznym i otoczeniu kulturowym, nie pozostając bez związku z rozwojem innych społecznych instytucji i kulturowych form myślenia – w tym filozofii.

Znajduje w wykazie (a) – (i) albo trywialności albo stwierdzenia niejasne z powodu użycia przez Górną takich słów jak „specyfika”, „specyficzny” (gdymówimy, że x jest specyficzne, ale bez określenia na czym owa specyfika polega, to znaczy to tyle tylko owo x jest jakieś – z logicznego punktu widzenia nie jest to zdanie, czyli wypowiedź prawdziwa lub fałszywa, ale funkcja zdaniowa), „funkcjonalnie” (u Górnej „z uwagi na funkcje”; stwierdzenie to jest puste dopóki nie scharakteryzuje się owych funkcji), „współdeterminowany” (w jakim stopniu i w jakim rozkładzie ze względu czynniki współdeterminujące), „istotne” (w jakim stopniu?), „złożone i wyrafinowane” (z czego i jak złożone i jak wyrafinowane?), „trudniej” (jak i w porównaniu z czym?), *implicite* (wszystkie czy niektóre założenia, a jeśli niektóre, to jakie?), „generuje” (jak?) czy „nie pozostając bez związku” (jakiego?). Powtórnie zaznaczę, że powyższe zastrzeżenia nie są narzekaniami zgryźliwego tradycyjnego dogmatyka, który natychmiast domaga się defini-

cji, gdy zarejestruje niejasność lub nieostrość. Uważam, że wskazane braki semiotyczne nie dadzą się usunąć na tyle, aby semantycznie czy też definicyjne rektyfikowany produkt miał szansę powszechnej akceptacji. Na pewno kulturoznawcze studia nad nauką mogą dotyczyć konkretnych przypadków historycznych, gdyż w ich ramach można minimalizować czy nawet neutralizować wskazane wyżej niejasności. Natomiast wydajność kulturoznawczego projektu jako podstawy ogólnej filozofii nauki jest rzeczą wątpliwą. Z tego punktu widzenia, zapewnienie Górnej, że kulturoznawcza refleksja nad nauką w jej wydaniu coś doskonale tłumaczy i jest jedynie adekwatna wygląda na dowcip filozoficzny czy też kulturoznawczy. Dla porządku, dodam, że takowe rozszczenia są niestosowne w każdym filozoficznym przedsięwzięciu, włączając w to metodologię formalną. Taki jest już bowiem los doktryn filozoficznych, że żadna z nich nie może być uznana za posiadającą prawo do wyłączności i doskonałości.

SUMMARY

THE HARD LIFE OF A TRADITIONAL (AND DOGMATIC) METHODOLOGIST

The paper contains some arguments against the article "Philosophical Assumptions of Science. Cultural and Historical Perspective" of Magdalena Górna. The author argues that the formal methodology is – contrary to what Górna says in her paper – neither "traditional" nor "dogmatic", and formulates some suggestions on his own view on the problem of the relations between science and philosophy.

Marcin GORAZDA
Wydział Filozoficzny UPJPII w Krakowie

GRANICE WYJAŚNIENIA NAUKOWEGO cz. I

W niniejszym tekście, ze względu na obszerność podzielonym na dwie części, chciałbym zmierzyć się raz jeszcze z problem granic wyjaśnienia naukowego, czy też szerzej granic nauki. Problem ten stawiam w kontekście ciekawej dysproporcji pomiędzy sukcesami nauk tzw. ścisłych, których niewątpliwie byliśmy świadkami w ciągu ostatnich dwustu, trzystu lat, a ogólnie rzecz ujmując, bardzo umiarkowanymi sukcesami nauk tzw. społecznych. Spośród tych ostatnich, szczególnie interesujący jest rozwój ekonomii. Mimo tego, że jako nauka istnieje ona ponad stu lat, mimo stosowania w niej szerokiego spektrum metod badawczych (w tym także metod jako żywo przypominających metodę empiryczno-matematyczną), a także mimo bardzo znaczącego zaangażowania aparatu matematycznego, nadal nie udaje w tej dziedzinie sformułować praw, prawdopodobnych regularności, które pozwoliłyby na pełne i szczegółowe wyjaśnienie badanych zjawisk, lub przynajmniej wyjaśnienie względnie stabilne, koherentne z wiedzą zastaną oraz pozwalające na jakieś empirycznie falsyfikowane predykcje. Wszystkie tzw. prawa ekonomii mają raczej charakter opisu regularności obserwowanych w badanej przeszłości, a ich odniesienie do przyszłości jest za każdym razem wątpliwe. Sami ekonomiści z zaciekawieniem obserwują, czy w danych okolicznościach określone prawo zadziała, czy też nie. Prawie każdy podkreśla odmiennność tychże praw od praw fizyki czy chemii, które pozwalają na dokładne przewidywanie zachowania danego układu.¹

¹Nie twierdzą przy tym bynajmniej, że ekonomia jako nauka nie doświadcza żadnego postępu i że nasza wiedza w tym obszarze nie ulega wzbogaceniu (jakkolwiek nie

Powyższe obserwacje pozwalają także poddać w wątpliwość jedną z podstawowych tez neopozytywistycznych, która na długie lata zdominowała filozofię nauki, tj. tezę o jedności nauki. Teza ta zakłada, że pomiędzy różnymi naukami nie istnieją istotne różnice, co do ich metodologii i struktury, a te które obserwujemy, mają raczej charakter pozorny lub związany ze szczegółowym przedmiotem badania danej nauki lub jej wczesnym etapem rozwoju. Takie twierdzenie, połączone zwykle z eksplanacyjnym optymizmem, czyli przekonaniem, że proces naukowego poznawania rzeczywistości (wyjaśniania) nie ma dających się wytyczyć granic, nazywane jest *naturalizmem*, i w takim znaczeniu pojęcie to będzie używane w tekście.

Wedle naturalizmu, zasadniczym rysem nauki jest odkrywanie praw sprawdzalnych empirycznie, umożliwiających przewidywanie i wyjaśniania zjawisk (...). Nawet jeśli te wzory metodologiczne zostały zbudowane w pierwszym rzędzie dla nauk przyrodniczych, naturalizm traktuje jako uniwersalne, stosując je również do nauk społecznych.²

Konsekwentnie *antynaturalizm* będzie rozumiany jako stanowisko przeciwne, twierdzące, że pomiędzy naukami, a w szczególności pomiędzy naukami ścisłymi i społecznymi istnieją zauważalne różnice co do stosowanej metodologii i ich struktury, jak też podważające ów eksplanacyjny optymizm. Bardziej dokładnie można go wyrazić następującym twierdzeniem:

Istnieją takie zachowania ludzkie (lub obszary zachowań ludzkich), które pomimo znacznego zaawansowania badających je nauk – również tych, które wykorzystują metody

rozumieć wzbogacania wiedzy). Ciekawą pod tym względem analizę sukcesów i porażek w ekonomii przedstawia Roger E. Backhouse w swojej najnowszej monografii (Backhouse, *The Puzzle of Modern Economics...* [2010]). Podstawowym problemem ekonomii jest jednakże fakt, że nie jest ona w stanie formułować praw, na wzór praw fizyki lub chemii, a jeszcze bardziej teorii, jako zbioru spójnych zdań wyrażających między innymi prawa. Ta niezdolność do formułowania praw znajduje także swoje odzwierciedlenie w refleksji filozofów ekonomii (m.in. por. Ross & Kincaid, [2009]).

²Grobler, (2006) s. 223

nauk ścisłych oraz modelowanie matematyczne – albo nie poddają się naukowemu wyjaśnianiu, albo proponują wyjaśnienia krótkotrwałe (falsyfikowane przez kolejne dane empiryczne).

Wydaje się jednakże, że przegląd osiągnięć nauk społecznych i jego porównanie do nauk ścisłych byłoby przedsięwzięciem trywialnym. Wszyscy, w mniejszym bądź większym stopniu będą zgodni, że sukces eksplanacyjny w obu obszarach jest nieporównywalny, przynajmniej oceniany z aktualnej perspektywy. Ciekawszym filozoficznie wyzwaniem jest przesłedzenie sporu pomiędzy stronami, a przede wszystkim argumentacji przedstawianej przez *naturalistów*, która ma na celu uzasadnienie braku owego sukcesu. Taki jest też cel niniejszego tekstu, który będzie zrealizowany w części pierwszej. W części drugiej i tym samym w konkluzji zamierzam przywołać, moim zdaniem nadal ciekawy, a nieco zaniedbany, antynaturalistyczny argument Hayeka, który w świetle naszej współczesnej wiedzy neurobiologicznej, dobrze tłumaczy odmienność nauk społecznych jak też stawia hipotezę, co do granic wyjaśnienia w ogólności.

Paradygmat wyjaśnienia naukowego przyjmuje za swój wzorzec nauki ścisłe: fizykę, chemię, biologię. Na podstawie metod tych nauk kształtujemy pojęcia i koncepcje wyjaśniania naukowego i odnosimy te metody do innych obszarów poznania. Charakterystycznym jest to, że analizując przykłady podawane przez autorów zajmujących się problematyką wyjaśnienia naukowego, nie znajdziemy tam odwołań do wyjaśniania w naukach społecznych. Tam, gdzie nasz umysł na trwałe wymodelował relacje przyczynowości – w zjawiskach fizycznych – łatwo jest przedstawiać przykłady i rozumowania *ad absurdum*, a także udowodniać, że owa przyczynowość jest podstawową relacją, która winna odgrywać kluczową rolę w tzw. wyjaśnianiu. W zjawiskach społecznych przyczynowanie nigdy nie jest oczywiste. Ponieważ modelowanie (wyjaśnianie) rzeczywistości fizycznej okazało się łatwiejsze, a także (co ma niebagatelne znaczenie) historycznie wcześniejsze i skuteczne, w naturalny sposób paradygmat ten próbowano zastosować do nauk społecznych. Pierwsze próby i rezultaty okazały się niezbyt udane.

Dość przypomnieć Augusta Comte'a z jego fizyką społeczną.³ W ekonomii ten paradygmat przyjął się stosunkowo późno. Zaowocował matematyzacją tej nauki, z początku w postaci abstrakcyjnych teorii (Jevons, Walras, Marshall),⁴ a później w postaci rozwiniętej nauki pomocniczej, ekonometrii. Dowiadujemy się dzięki temu coraz więcej o obserwowanych wielkościach i ich mniej istotnych powiązaniach, ale jak dotąd nie udało się sformułować jakiegokolwiek trwałego prawa. Adwersarze matematyzacji albo negowali w ogóle predykyjność ekonomii jako nierealne oczekiwanie,⁵ albo, jak Friedman,⁶ uznawali, że jedynym weryfikatorem prawdziwości teorii jest jej siła predykyjna. W tym pierwszym przypadku łatwo nie popełnić błędu. Jeśli bowiem nic nie jest pewne, to nie można oczekiwać jakichkolwiek falsyfikowalnych twierdzeń. Teoria przestaje być naukowa w rozumieniu Poppera. W tym kontekście Hayek postawił tezę, iż w odniesieniu do nauk społecznych kryterium Poppera należy rozluźnić. Jest ono bowiem nierealne i stoi na przeszkodzie w uprawianiu tych nauk.⁷ W tym drugim przypadku łatwo kwestionować teorie wypracowywane przez klasyków. Żadna bowiem z nich nie może poszczycić się akceptowalnym poziomem przewidywalności.

Dlaczego zatem się nie udaje? Na początek spróbujmy rozważyć te próby odpowiedzi na tak zadane pytanie, które mieszczą się w duchu naturalizmu, tzn. tezy, iż wszystkie zjawiska, w tym także zjawiska społeczne, możliwe są do wyjaśnienia metodami naukowymi.

SZCZEGÓLNA ZŁOŻONOŚĆ BADANYCH ZJAWISK

Głównym naturalistą, zwolennikiem unifikacji nauk, wspomnianym już w niniejszym tekście, był ojciec socjologii, August Comte. On też, rozważając metodę proponowanej przez siebie fizyki społecznej, zwrócił uwagę na szczególną złożoność zjawisk, z którymi nauka ta musi się zmierzyć. Pod kątem tej złożoności dokonał nawet klasyfi-

³Comte, (1961)

⁴Jevons, (2011), Walras, (1926), Marshall, (2000)

⁵Hayek, *Economics and Knowledge* (1937)

⁶Friedman, (2008)

⁷Hayek, *The Theory of Complex Phenomena* (1967).

kacji nauk, według malejącej ogólności i wzrastającej złożoności, według której fizyka społeczna znalazła się na szczycie. Owa złożoność staje się tym samym pierwszym i podstawowym naturalistycznym wytłumaczeniem, dlaczego tak trudno jest nam ustalić jakiegokolwiek prawdopodobne regularności w obszarze zjawisk społecznych. Comte miał jeszcze dość mgliste wyobrażenie na temat złożoności. Jego argument został niewątpliwie silnie wzmocniony, gdy pojawiły się pierwsze historyczne badania nad złożonością. Obejmowały one nieudane próby matematycznego opisu złożonego ruchu wielu ciał. Problem ten, postawiony jako *zredukowany model Hilla*, doprowadził w 1890 roku do odkrycia i opublikowania przez Henri Poincarégo zjawiska niestabilności ruchu.⁸ Inny, podobny problem dotyczył badania zjawisk pogodowych. Są one równie trudne do wyjaśnienia. *Post factum* jesteśmy w stanie odtworzyć ciąg zdarzeń fizycznych, który doprowadził do uformowania się określonej pogody, ale zbudowanie modelu o zadowalającej szczegółowości i perspektywie czasowej pozwalających tworzyć na jego podstawie predykcje wykraczające poza najbliższe kilka dni wydaje się niemal nierealne. Rozwiązanie, intuicyjnie ujmowane w postaci złożoności przez wielu fizyków, znalazło swoje matematyczne potwierdzenie w tzw. równaniach Lorenza.⁹ Od razu dostrzeżono analogie do zjawisk społecznych. W obu wskazanych przykładach mówimy o złożoności w obszarze, gdzie podstawowe prawa dynamiki i termodynamiki wydają się dobrze rozpoznane i nic nie wskazuje na to, aby można je było sfalsyfikować. Mimo to, jeśli do analizy wprowadzimy więcej obiektów i odrzucimy przyjęte uprzednio idealizacje, próby wyjaśnienia okazują się jednak niestęchanie trudne, a w wielu przypadkach niemożliwe, przy uwzględnieniu aktualnego stanu wiedzy lub możliwości obliczeniowych. Jest to zatem trudność lub niemożliwość względna. Nie można tu mówić o jakichkolwiek inherentnych i niepokonywalnych barierach w wyjaśnianiu tych zjawisk. Przeciwnie,

⁸Por. Tempczyk (2002), s. 18.

⁹Por. tamże, s. 27. O wspomnianych początkach badań nad złożonością można także przeczytać w dowolnej monografii na ten temat (por. m.in. Mainzer [2007] oraz Mitchell [2009]).

badania te zainspirowały tylko nowy kierunek dociekań i analiz, który już dzisiaj zaowocował całym szeregiem niespodziewanych odkryć.

Takie właśnie, naturalistyczne wyjaśnienie pierwszych niepowodzeń nauk społecznych zdaje się proponować Klaus Mainzer.

Aby opisać dynamikę gospodarki, konieczne jest posiadanie równań ewolucji dla wielu parametrów ilościowych pochodzących z tysięcy sektorów gospodarki i milionów podmiotów. Ponieważ każda rzecz tak w ekonomii, jak i gdzie indziej, zależy od wielu innych czynników, równania muszą być nawzajem powiązane i nieliniowe. Dzięki temu mogą modelować ekonomiczną złożoność. Wówczas jednak nawet zupełnie deterministyczne modele mogą wytwarzać wysoce nieregularne zachowania, niedające się opisać w długim okresie. Ekonomia zdaje się cierpieć na te same trudności, z jakimi ma do czynienia meteorologia¹⁰.

Według Mainzera zatem, wyłączną przyczyną niepowodzeń ekonomii (które w wielu miejscach wprost przyznaje) jest nieprawidłowe podejście. Dotychczasowi badacze próbowali bowiem tworzyć teorie w oparciu o tzw. modele zależności liniowych. Taka strategia nie może się powieść, gdyż charakter zależności na rynku jest co do zasady nieliniowy, a mnogość zjawisk, które trzeba poddać modelowaniu, powoduje, że nie udają się próby uproszczeń. Nie zmienia to faktu, że zjawiska te nie wyróżniają się niczym ponadto i problemy ekonomistów dadzą się zredukować do problemów meteorologów. W tym kontekście Mainzer wyróżnia dwa podejścia: liniowe z egzogenicznymi wstrząsami i nieliniowe. Pierwsze dopuszcza stosowanie modeli liniowych albo z tego powodu, że pewne, wybrane wielkości dadzą się charakteryzować zależnościami liniowymi, albo z tego, że modele te są dopuszczalne jako pewne uproszczenie. Ich falsyfikowalność zaś uzasadniają „wstrząsy egzogeniczne”, tj. okoliczności, zjawiska zewnętrzne, oddziałujące na badane zależności. Drugie podejście, wyraźnie bliższe autorowi, zakłada, że obserwowana chaotyczność procesów gospodarczych ma charakter endogeny, związany z samą złożoną strukturą,

¹⁰Mainzer (2007), s. 387.

i że jedyną adekwatną metodą badania tej struktury jest podejście nieliniowe. Odpowiada to, w pewnym przybliżeniu, analizowanym przez Witolda Marciszewskiego dwóm strategiom radzenia sobie ze złożonością w badaniach socjologicznych: strategii redukcji złożoności i upraszczania modeli oraz strategii ofensywnej tj. prób aplikacji narzędzi matematycznych opracowanych właśnie do badań procesów nieliniowych.¹¹

Takie podejście do zagadnienia złożoności przyjmuje jako założenie, że do każdego problemu stawianego przy analizie badanego zjawiska istnieje algorytm jego rozwiązania, który może być wypracowany przez uniwersalną maszynę Turinga. To jednak oznacza również akceptację zbioru problemów nierozstrzygalnych, których istnienie wykazał Turing.¹²

Mainzer przyznaje, że żaden ze sposobów podejścia do radzenia sobie z procesami złożonymi nie pozwala na zbudowanie szczegółowego modelu badanego fenomenu, pozwalającego na względnie stabilne predykcje. Jeśli model będzie liniowy, to z góry zakłada on owe egzogeniczne wstrząsy fałszujące wyniki końcowe. Jeśli zaś będzie nieliniowy, to jego endogeniczną cechą będzie chaotyczność. Możliwość zaś budowania jakichś predykcji jest ograniczona wyłącznie do lokalnie zidentyfikowanych atraktorów.

Nietrudno zauważyć, że pomiędzy zjawiskami społecznymi, a złożonością ruchu lub złożonością zjawisk pogodowych istnieje istotna różnica. W tym drugim przypadku dysponujemy zestawem dobrze rozpoznanych praw. Zręby modelu zatem już istnieją, problem dotyczy jego uszczegółowienia i rozwijania. W przypadku zjawisk społecznych stwierdzić tego nie możemy.

Tu jednak pojawia się kolejna naturalistyczna propozycja. Nie możemy odkryć praw podstawowych, gdyż w naukach społecznych istnieją silne ograniczenia co do eksperymentowania w układach izolowanych. Odkrycia podstawowych praw fizyki, praw ruchu ciała sztywnego, czy

¹¹Por. Marciszewski, *Nierozstrzygalność* (2004), s. 20.

¹²Turing (1937). Opis problemu stopu w maszynie Turinga oraz o innych problemach nierozstrzygalnych można także przeczytać w: Mitchell (2009) i Olszewski (2009).

raczej potwierdzenie stosownych hipotez, było możliwe dzięki eksperymentom w izolowanych układach, tam, gdzie zakładana idealizacja (np. punktowość ciała), jak też warunki *ceteris paribus* były stosunkowo łatwe do osiągnięcia. Takich możliwości w zasadzie brak w odniesieniu do zachowań człowieka i grup społecznych (w szczególności zaś do tych drugich). Jest to główny powód, dla którego tak trudno jest dotrzeć do owych praw fundamentalnych. Eksperymentowanie na grupach społecznych jest niemal nieosiągalne. Oczywiście, pewne eksperymenty są przeprowadzane, czego śladem jest wielokrotnie w literaturze z zakresu psychologii społecznej omawiany i przytaczany, tzw. eksperyment stanfordzki.¹³ Jest to jednak także przykład negatywny. Ten najsłynniejszy eksperyment socjologiczny, wszak przerwano i jego ewentualne powtórzenia były nieliczne, a wyniki niejednoznaczne. Współcześnie ciekawą opcją, coraz częściej wykorzystywaną w psychologii eksperymentalnej, są wirtualne gry społecznościowe. Pozwalają one bowiem na tworzenie sztucznych sytuacji społecznych i odgrywanie różnych ról przez graczy w rzeczywistości wirtualnej, w celu obserwacji ich zachowań i prób generalizowania wniosków. Od czasów Kahnemana i Tversky'ego¹⁴ intensywnie rozwijają się ekonomia behawioralna i neuroekonomia, których badania głównie polegają na kolejnym projektowaniu eksperymentów. Badacze poruszają się tu jednak po bardzo grząskim gruncie i niejednokrotnie zmuszeni są nieustannie weryfikować swoje pierwotne założenia. Ponad trzydziestoletnia historia prowadzenia takich badań znajduje swoje trafne podsumowanie w tekście Vernona Smitha *Economics in the Laboratory*.¹⁵ Ten skądinąd wielki orędownik nowego nurtu w badaniach ekonomicznych zwraca uwagę na cały zestaw pułapek, które w eksperymentowaniu czyhają na badacza. Kluczem w eksperymentowaniu behawioralnym na ludziach jest problem wiedzy jednostki, jej recepcji i sposobu wykorzystania. Duża część pochopnych wniosków wynika między innymi z pomijania istotnych różnic, jakie występują w tym obszarze. W celu przepro-

¹³Autorem i organizatorem tego eksperymentu był Philip Zimbardo. Szczegóły można znaleźć na stronie internetowej poświęconej mu w całości: <http://www.prisonexp.org/>.

¹⁴Kahneman & Tversky (1979).

¹⁵Smith (1994).

wadzenia eksperymentu badacz musi bowiem na wstępie założyć, jaką wiedzą dysponuje badany (zwykle założenie to jest arbitralne, możliwe do pominięcia tylko poprzez odpowiednio dobraną próbę statystyczną), następnie wzbogacić tę wiedzę o elementy związane z eksperymentem (Smith zwraca uwagę, że założenie recepcji tej wiedzy, po jej ustnym czy nawet pisemnym przekazaniu przez badacza jest często błędne), aby w końcu obserwować mechanizmy jej wykorzystania przez jednostki celem ustalenia odpowiednich regularności. Do kwestii wiedzy i jej wykorzystania jeszcze powrócimy.

Nie jest zatem tak, że eksperymentowanie w obszarach indywidualnych i społecznych zachowań ludzkich nie jest możliwe. Analiza tego, co określa się mianem eksperymentu i porównanie do eksperymentów w układach izolowanych prowadzi jednak do prostego wniosku, że mamy tu do czynienia z jakościowo różnymi procedurami. Co więcej, wspomniane powyżej eksperymenty są raczej wyjątkiem w metodologii ekonomii czy socjologii, a nie regułą. Wielu ekonomistów w ogóle neguje co do zasady ten kierunek.¹⁶ Ogromne dziedziny badań są całkowicie niedostępne metodzie eksperymentalnej. Do takich należy między innymi makroekonomia oraz globalne procesy społeczne (demografia). Jedyne dostępne tu sposoby jakiegokolwiek empirycznej weryfikacji to metody porównawcze.

Podsumowując, możemy zatem powiedzieć, że pierwsze naturalistyczne wyjaśnienie przyczyn licznych eksplanacyjnych porażek nauk społecznych, jakim jest szczególna złożoność ich przedmiotu badań, brzmi dość wiarygodnie. Mamy do czynienia z sytuacją, w której złożoność badanych procesów zarówno utrudnia dotarcie do praw dotyczących całej struktury jak i ogranicza możliwości skutecznego izolowania układów i wyodrębniania regularności na poziomie znacznie zredukowanym. Utrudnienia te nie powinny być interpretowane jako jakaś ontologiczna lub epistemiczna, nieusuwalna przeszkoda w tych badaniach.

¹⁶Gul & Pesendorfer (2001).

BRAK ADEKWATNEGO APARATU MATEMATYCZNEGO

Kolejny argument naturalistyczny, tłumaczący niepowodzenia nauk społecznych sprowadza się do braku stosownego aparatu matematycznego, który byłby w stanie opisać tak złożone zjawiska. Argument posługuje się analogią. Opracowanie teorii Newtona było możliwe, między innymi dzięki zastosowaniu do niej rachunku różniczkowego, który na potrzeby swojej teorii Newton (równoległe i niezależnie od Leibniza) opracował. Naturaliści zatem w oparciu o tę analogię stwierdzą, że porażki nauk społecznych w szczegółowym wyjaśnianiu zjawisk (budowaniu matematycznych modeli) są związane z niedostosowaniem współczesnej matematyki do opisu procesów nieliniowych, chaotycznych. Jesteśmy zatem w fazie przednewtonowskiej. Zauważamy zjawiska, zauważamy lokalne prawidłowości, ale brak nam narzędzi do tworzenia kompletnych teorii. Wychodząc z takiego założenia, od czasów Poincarégo trwa nieustanne poszukiwanie takich narzędzi. Niewątpliwie osiągnięto w tym względzie wiele spektakularnych sukcesów. Opracowano mnóstwo matematycznych wzorów i modeli. Książki poświęcone złożoności są pełne przykładów. Problem jednak w tym, że każda z proponowanych matematycznych teorii w tym zakresie, nie bardzo daje się powiązać z innymi matematycznymi modelami. Teoria automatów komórkowych, teoria gier czy też matematyczne modele sieci neuronowych nijak się mają do równań Lapunowa. W miejsce jakiegoś jednego narzędzia, które pozwoliłoby zmierzyć się ze złożonością procesów społecznych, mamy płataninę teorii, z których każda może znaleźć swoje zastosowanie do jakiegoś wycinka badanej przestrzeni. Bodaj jedynym, który uważa, że odkrył podstawową matematyczną regułę unifikującą wszelkie zjawiska jest Stephen Wolfram. Prowadził on od lat 80. badania nad tzw. automatami komórkowymi (podstawy opracowane zostały przez von Neumanna)¹⁷, najprostszy z możliwych,

¹⁷Oryginalnie teorią tą zajmował się i rozwinął ją John von Neumann. Spopularyzowana została przez Johna Conwaya, który na podstawie prac innego matematyka, Edgara Cotta, opracował bardzo prosty, samoreplikujący się automat, znany jako „gra w życie”. Bardzo przystępne opracowanie nt. automatów komórkowych można znaleźć na stronach Wydziału Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH: Kułakowski (2010). W opracowaniu tym automat komórkowy definiowany jest następująco: „sieć komór-

jednowymiarowymi, przyjmującymi dwa stany (włączony/wyłączony co odpowiada zapisowi 0/1).¹⁸ Symulując przy użyciu technik komputerowych różne warianty działania tych automatów i tworząc ich obrazy w diagramach czasowo-przestrzennych, doszedł do wniosku, że jeden z nich, który określił jako „Zasada 110” wykazuje się zadziwiającymi cechami, tworząc zachowania, które stanowią mieszaninę porządku i przypadkowego chaosu. W 1990 roku jeden z asystentów Wolframa, Mathew Cook, przeprowadził dowód, iż automat działający zgodnie z „Zasadą 110” jest w istocie uniwersalną maszyną Turinga i to najprostszą z dotychczas poznanych. Na tej podstawie Wolfram sformułował swoją unifikacyjną teorię i opisał ją w monumentalnym dziele z 2002 roku *A New Kind of Science* (ponad 1200 stron). Uniwersalność „Zasady 110” Wolfram interpretuje jako nowe prawo natury i silny dowód na zasadę ekwiwalentności obliczeniowej, która składa się z czterech punktów:

1. Właściwym sposobem ujmowania procesów występujących w naturze jest twierdzenie, że procesy te mają charakter obliczeniowy (komputacyjny).
2. Skoro nawet bardzo tak proste zasady (programy), jak „Zasada 110” mogą wspierać uniwersalną komputację, to zdolność do teźże jest powszechna w naturze.
3. Uniwersalna komputacja jest najwyższym stopniem złożoności obliczeniowej w naturze. Tym samym, żaden system lub proces nie może generować działania, które jest nieobliczalne.

rek $\{i\}$ przestrzeni D -wymiarowej; zbiór $\{s_j\}$ stanów pojedynczej komórki, zwykle ten sam dla wszystkich komórek, zawierający k -elementów oraz reguła F określająca stan komórki w chwili $t + 1$ w zależności od stanu w chwili t tej komórki i komórek ją otaczających; $s_j(t + 1) = F(\{s_i(t)\})$, $j \in O(i)$, gdzie $O(i)$ jest otoczeniem i -tej komórki” (Kułakowski [2010], s. 11).

¹⁸Nie ma miejsca ani potrzeby opisywania dokładnie zasad działania automatów analizowanych przez Wolframa. Zainteresowanych odsyłam bądź do oryginalnych tekstów autora publikowanych na jego stronie WWW włącznie z monumentalnym dziełem *A New Kind of Science* (<http://www.wolframscience.com/>), bądź do bardzo przystępnego opisu tychże automatów i teorii Wolframa w: Mitchell (2009), s. 152-159.

4. Komputacje dokonywane przez różne procesy występujące w naturze są prawie zawsze równoważne w swojej zdolności do generowania złożonych struktur (*sophistication*).

Analiza twierdzeń Wolframa wymaga dokładnego zrozumienia uniwersalnej maszyny Turinga czy zasad funkcjonowania automatów komórkowych. Upraszczając, możemy powiedzieć, że zdaniem Wolframa całą rzeczywistość, jej złożoność i wielorakość, możemy „wyjaśnić” za pomocą takich właśnie prostych programów jak „Zasada 110”. Wolfram zakłada, że cała rzeczywistość poddaje się procesom obliczeniowym – jest zatem obliczalna, które to założenie jest mocno kwestionowane.¹⁹ Wydaje się, że tym samym nie dopuszcza, aby w naturze istniały liczby nieobliczalne w rozumieniu Turinga. Z góry wyklucza także, aby w naturze istniały procesy, których moc obliczeniowa jest większa niż moc uniwersalnej maszyny Turinga. Najbardziej kontrowersyjna i spekulacyjna wydaje się teza czwarta.

Unifikacyjna teoria Wolframa nie znajduje – jak na razie – potwierdzenia w empirycznych badaniach. Nawet jeśli jego spekulacje są choćby częściowo trafne, to do zbudowania, postulowanego przez niego „ostatecznego modelu wszechświata” jest jeszcze bardzo daleko. Problem jednak w czymś innym. Odnosząc się wprost do omawianego argumentu o braku adekwatnego matematycznego narzędzia do opisu złożonych procesów, można powiedzieć, że nawet gdyby unifikacyjna teoria Wolframa okazała się trafna i udało się odkryć jakiś pierwotny automat, który byłby źródłem wszelkiego bytu, to niestety wiele wskazuje na to, że problem złożoności rozwiązany nie zostanie. W jednym ze swoich tekstów Wolfram zwraca bowiem uwagę, że modele matematyczne tworzone w dotychczasowej fizyce teoretycznej są wyjątkiem we wszechświecie.²⁰ Oferują one swoistą drogę „na skróty” i możliwość uzyskania wyniku poprzez jego wyliczenie, bez konieczności przeprowadzania wszystkich procesów występujących w naturze. Jeśli jednak u podstaw procesów naturalnych jest jakiś zidentyfikowany automat komórkowy będący uniwersalnym komputerem, to zbudowanie na jego

¹⁹Por. Marciszewski, *Niewymierność i nieobliczalność* (2010).

²⁰Wolfram (www.stephenwolfram.com 1985).

podstawie modelu jest w istocie replikacją rzeczywistości. Wynik uzyskamy w czasie rzeczywistym, czyli równocześnie z ujawnieniem się rezultatu w naturze. Niewiele ma to wspólnego z wyjaśnianiem. Model zbudowany wedle tej zasady ma zerową moc predykcyjną – z punktu widzenia naszego poznania staje się bezużyteczny.

HIPOTEZY ANTYNATURALISTYCZNE. PIERWSZA PRÓBA OBRONY

ZŁOŻONOŚĆ ZJAWISK SPOŁECZNYCH

Argument opisywany powyżej stwierdza, że problemem trudnym do pokonania dla matematyczno-empirycznego opisu zjawisk społecznych jest ich szczególna złożoność. Podając analogie z matematycznymi opisami ruchu wielu ciał czy też ze zjawiskami pogodowymi, twierdzi się, że te dotyczące zachowań człowieka mają stopień złożoności znacznie większy nawet niż występujące w dynamice czy w termodynamice. Takie twierdzenie jest jednak intuicyjne. Wydaje się, że argument ma charakter kolisty. Złożoność bowiem jest tu rozumiana jako szczególna cecha układu, która powoduje, że jest on strukturalnie niestabilny i tym samym nie poddaje się opisowi matematycznemu z wykorzystaniem metod liniowych. Im trudniej zatem jakiś układ opisać matematycznie, tym bardziej jest on złożony i jednocześnie, im bardziej jest złożony, tym trudniej opisać go matematycznie. Na tym przykładzie widać wyraźnie kolistość argumentacji. Aby miała ona sens, należałoby wprowadzić jakieś kryterium złożoności, inne niż ograniczenia w matematycznym, liniowym opisie. Aby z kolei wprowadzić kryterium złożoności, należałoby najpierw zdefiniować złożoność. Z tym jest jednak problem. Nawet najbardziej zaawansowani badacze problemów układów złożonych (dynamicznych, nieliniowych, chaotycznych) przyznają, że takiej definicji nie ma. W miejsce jednej definicji mamy różne podejścia do problemu, wśród których Mitchell wyróżnia następujące:²¹

²¹Por. Mitchell (2009), s. 94n.

1. Złożoność jako liczność. Miarą złożoności jest tu liczba jednostek tworzących daną strukturę.
2. Złożoność jako entropia. Wraz ze spadkiem entropii układu wzrasta jego złożoność.
3. Złożoność jako algorytmiczna treść informacji. Złożoność jest tu utożsamiana z „algorytmiczną ścieśnialnością” w rozumieniu Hellera. Układ jest tym prostszy, im prostszy jest algorytm jego skonstruowania.
4. Złożoność jako głębia logiczna. Podobnie jak wyżej, głębia logiczna jest mierzona trudnością konstrukcyjną układu, którą określamy liczbą kroków do wykonania.
5. Złożoność jako głębia termodynamiczna. Podobnie jak wyżej, miarą złożoności jest trudność konstrukcyjna, tu jednak bierzemy pod uwagę całość niezbędnych do skonstruowania układu zasobów termodynamicznych i informacyjnych.
6. Złożoność jako zdolność obliczeniowa. Nawiązuje do pomysłu Wolframa, który twierdzi, że najwyższym możliwym stopniem złożoności jest układ obliczeniowy odpowiadający zdolnościami obliczeniowymi uniwersalnej maszynie Turinga.
7. Złożoność statystyczna. Miarą jest minimalna ilość informacji obejmujących przeszłe funkcjonowanie układu, która jest konieczna do optymalnych predykcji zachowania układu w przyszłości.
8. Złożoność jako wymiar fraktalny. Przy założeniu, że każdy system dynamiczny da się zinterpretować jako układ fraktalny, mamy możliwość określenia wymiaru fraktalnego układu. Im wyższy jest ten wymiar, tym wyższa złożoność.
9. Złożoność jako poziom w hierarchii. Zakłada, że każdy układ złożony jest układem hierarchicznym (zawierającym podukłady). Przy zidentyfikowanej hierarchii pozycja układu w tejże określa jego poziom złożoności.

Już pobieżna analiza tych podejść wskazuje, że próba porównania pod względem złożoności jakiegoś wybranego układu społecznego ze zjawiskami pogodowymi natrafi na trudności nie do przebrnięcia. Albo bowiem nie bardzo wiadomo, jakie jednostki miałyby być przedmiotem naszego pomiaru (tak w punktach 1, 2), albo też określone podejście wymaga od nas uprzedniej dekonstrukcji układu i określenia poziomu złożoności przed porównaniem (tak w punktach 3, 4, 5). Złożoność jako zdolność obliczeniowa układu wymaga zaakceptowania kontrowersyjnej tezy Wolframa redukującej całą istniejącą rzeczywistość do układów obliczalnych, ale podobnie jak wyżej wymaga także dekonstrukcji układu. Punkty 8 i 9 z kolei wymagają zaakceptowania założeń o możliwości interpretacji układów złożonych jako hierarchicznych lub fraktalnych. Najbardziej możliwą do zastosowania wydaje się propozycja podejścia statystycznego. Ale co w przypadku, gdy niepoliczalna liczba informacji z przeszłości nie pozwala na żadną optymalną predykcję? Albo konsekwentnie przyjmujemy, że stopień złożoności zmierza do nieskończoności, albo też należy zweryfikować założenia i dopuścić hipotezę, że predykcja nie jest domniemaną miarą rosnącej złożoności.

Zwolennikiem tezy o szczególnej złożoności układów społecznych był Hayek. Zaproponował on, jego zdaniem, bardzo prostą metodę na mierzenie stopnia złożoności układu:

The minimum number of elements of which an instance of the pattern must consist in order to exhibit all the characteristic attributes of the class of patterns in question appears to provide an unambiguous criterion.

(Minimalna liczba elementów, z których musi składać się dana struktura aby ujawnić wszystkie charakterystyczne atrybuty danej klasy struktur, jawi się jako zapewniająca jednoznaczne kryterium).²²

Wydaje się, że pomysł Hayeka można podciągnąć pod punkt 3, tj. złożoność mierzoną algorytmiczną treścią informacji. Zarzut pozostaje taki sam: w celu określenia stopnia złożoności układu należy dokonać

²²Hayek, *The Theory of Complex Phenomena* (1967) s. 25. Tłumaczenie własne.

jego uprzedniej dekonstrukcji, tj. zmierzyć, ile elementów musi zawierać dany wzór, aby ujawnić wszystkie istotne atrybuty danej klasy wzorów. Jak zobaczymy poniżej, w tym obszarze możliwe jest tylko „wyjaśnienie co do zasady”, co w praktyce przekłada się na niemożność skonstruowania takiego wzoru/modelu, a tym samym określenia liczby elementów koniecznych do jego konstrukcji. Nawet jeśli zaproponowana miara złożoności byłaby trafna, to w świetle dalszych tez Hayeka pozostanie bezużyteczna.

Jak widać, twierdzenie o wyższym stopniu złożoności układów społecznych ma bardzo intuicyjny i niemierzalny charakter, tak długo przynajmniej, aż dokonamy jakiejś dekonstrukcji układu celem ustalenia pryncypiów jego działania, co z kolei umożliwi porównanie dwóch układów o podobnych cechach.

PRAWA FIZYKI U PODSTAW ZJAWISK ZŁOŻONYCH

Jeśli by nawet przyjąć, że za porażki w obszarze nauk społecznych odpowiedzialność ponosi owa szczególna złożoność (niezależnie od problemów związanych z jej definiowaniem), to *implicite* metody właściwe do zmagania się z ową złożonością powinny zaowocować jakimiś wynikami. Tak się jednak nie dzieje. Wydaje się bowiem, że pomiędzy złożonością układów fizycznych a złożonością procesów społecznych tkwi pewna fundamentalna różnica. Wspomniana powyżej dekonstrukcja musiałaby polegać na tym, aby określony układ społeczny, będący przedmiotem badania, rozłożyć na jednostkowe zachowania jego elementów. Rzecz nie w tym, że dynamika układu będzie jakąś sumą dynamiki jednostek. W układach nieliniowych takie addytywne modele nie funkcjonują. Porównując jednakże dotychczasowe osiągnięcia w matematycznym modelowaniu złożoności w układach fizycznych, możemy zauważyć, że w większości z nich jednostkowe zachowania elementów układu są dobrze rozpoznane. Jest to jedna z najważniejszych cech wyróżniających te układy. Znając zasady dynamiki działające na poziomie jednostek, możemy tworzyć modele ruchu złożonego i obserwować ich zachowanie nie tyle w rzeczywistości empirycznie dostępnej, ile w modelu, po to aby następnie porównać to z wynikami

obserwacji i doświadczeń. Dokładnie w ten sposób powstawały pierwsze teorie dotyczące takich układów złożonych. Tak analizował ruch trzech ciał Poincaré i tak modelował zjawiska pogodowe Lorenz, odkrywając atraktor nazwany później jego nazwiskiem. Tak też analizowane i odkrywane były kolejne układy równań i atraktory: Hénona, Rösslera i in. Dopiero później potwierdzano ich występowanie w przyrodzie. Kluczem do analizy złożonego ruchu wielu ciał, jest pojęcie tzw. przestrzeni fazowej.

Jest to przestrzeń, której współrzędnymi są wszystkie wielkości potrzebne do tego, aby jednoznacznie opisać trajektorię badanego układu. Dla punktu materialnego parametrami takimi są trzy współrzędne położenia i trzy współrzędne prędkości ciała w zadanej chwili. Jest to więc przestrzeń sześciowymiarowa (...) Dla układów bardziej złożonych przestrzeń fazowa jest odpowiednio większa. Jeżeli mamy kilka punktów materialnych, to każdemu z nich przyporządkowujemy odpowiednie współrzędne i pędy, dlatego dla k ciał mamy przestrzeń $6k$ -wymiarową²³.

Przestrzeń fazowa jest wygodnym narzędziem do opisu dynamiki układu złożonego, tj. przesuwania się układu w przestrzeni wartości jej parametrów. Aby tego jednak dokonać, kluczem jest znajomość owych parametrów ruchu oraz podstawowych praw fizyki ruch ten opisujących. Na tej podstawie można budować modele i określać prawa rządzące zmianą złożonego układu (np. formalizm Lagrange'a, równania Hamiltona, twierdzenie Liouville'a czy entropia Kołmogorowa). W tym obszarze ujawnia się zasadnicza różnica pomiędzy złożonymi układami społecznymi a fizycznymi. W układach społecznych elementem, który musielibyśmy w podobny sposób opisać, wyróżniając jakiś zestaw wielkości liczbowych charakteryzujących ten element, jest człowiek. Dokonując analizy zachowań jednostek w „przestrzeni fazowej” ich parametrów, musimy najpierw określić owe parametry i powiązać je w jakieś prawa. Próby takiego podejścia, zwłaszcza w ekonomii, były

²³Tempczyk (2002), s. 34-35.

wielokrotnie podejmowane, jak na razie jednak bez widocznych efektów.²⁴ Uczciwie jednak trzeba przyznać, że niezależnie od powodów nasza wiedza na temat owych parametrów i rozumienie ich wzajemnych relacji jest znikoma. Wskazane zatem narzędzia matematyczne, które zostały opracowane do badania dynamiki układów nieliniowych, w tym zakresie nie nadają się do zastosowania i nie jest to tylko wynik szczególnej złożoności układów społecznych.

REGULARNOŚCI W ZJAWISKACH ZŁOŻONYCH

Drugim poważnym naturalistycznym argumentem, mającym na celu uzasadnienie oporu, jaki stawia badaczom materia społeczna, jest brak adekwatnego aparatu matematycznego do opisu zjawisk społecznych. Tak jak to wyżej zostało zaznaczone, argument jest czystym argumentem z analogii. Towarzyszy mu konieczne przedzałożenie unifikacyjne. Najpierw bowiem zakłada się jednolitą strukturę badanej rzeczywistości, jej poznawalność (racjonalność) oraz matematyzowalność. Jeśli struktura nie poddaje się matematyzacji, to w pierwszej kolejności kwestionujemy narzędzie matematyczne, a nie założenie dotyczące całej struktury. Niemniej, aby przyglądnąć się argumentowi bliżej, spróbujmy na chwilę podążyć za tym założeniem. Jest ono konsekwencją przyjęcia hipotezy o szczególnej złożoności układów społecznych, o cechach analogicznych jak złożoność dynamicznych układów fizycznych. Zarówno założenie unifikacyjne, jak i hipoteza o złożoności, są dość powszechnie akceptowane przez badaczy dynamiki nieliniowej. W publikacjach dotyczących tego zagadnienia, kwestie dynamiki układów społecznych i próby ich matematycznego opisu umieszczane są obok zagadnień dotyczących statystycznej termodynamiki, ruchu wielu ciał, ruchu cieczy, zjawisk pogodowych itp. Powyżej wskazałem na istotną różnicę pomiędzy układami fizycznymi i społecznymi, która wydaje się odpowiadać za porażki modeli matematycznych budowanych w podobny sposób. Czy nie ma jednak sposobu na uchwycenie ja-

²⁴Rzetelną analizę dotychczasowych modeli makroekonomicznych – zarówno tych klasycznych, modeli opartych na *rational expectation hypothesis*, jak i modeli behawioralnych – znajdziemy m.in. w: Goldberg & Frydman (2009).

kichś regularności w zachowaniach społecznych, nawet pomimo naszej niewiedzy dotyczącej szczegółowych praw rządzących jednostkowym zachowaniem? Jeśli znowu sięgniemy po fizykalną analogię, to nie trudno zauważyć, że bez równań ruchu Newtona i tak ludzkość nieźle radziła sobie ze zrozumieniem zauważalnych prawidłowości. Charakterystyka rzutu ukośnego czy prostego były w praktyce dobrze znane. Na jej podstawie można było konstruować łuki, kusze i maszyny balistyczne. Zasada funkcjonowania maszyn prostych również była dobrze rozpoznana. Nie trzeba było znać prawa Archimedesasa i jego matematycznej postaci, aby konstruować okręty i żaglowce. Pomimo błędnego modelu budowy układu planetarnego i nieznamości praw Keplera można było z dużą dokładnością dokonywać predykcji zachowań ciał niebieskich. Regularności empiryczne ujawniają się zatem na etapie przedteoretycznym. Można też ująć tę obserwację nieco inaczej. Nasz umysł ma naturalną umiejętność w wychwytywaniu regularności i eksploatowaniu ich nawet na podstawie błędnych modeli i teorii tworzonych *ad hoc*. Abstrakcyjne modele matematyczne służą do porządkowania tych intuicji i ujmowania ich w coraz to doskonalsze i bardziej spójne struktury.

Czy istnieją jednak takie narzędzia matematyczne, które mogą okazać się pomocne w wychwyceniu owych regularności bardzo słabo lub w ogóle nie recypowanych przez aparat poznawczy w sytuacji, w której brak jeszcze jakiegokolwiek dobrej teorii je opisującej? Wydaje się, że wskazać można co najmniej dwie grupy sposobów wykorzystywanych w praktyce: statystyczne i nieliniowe. Podział taki oczywiście jest jakąś li tylko nieudolną próbą typologii. Nie jest on ani zupełny, ani rozłączny. W metodach nieliniowych stosuje się obszernie probabilistykę i statystykę. Ta druga stanowi w wielu przypadkach samodzielną podstawę do wnioskowań o występujących regularnościach. Metody statystyczne sprawdzają się bardzo dobrze w układach, które Boltzman określił jako ergodyczne²⁵, wyróżniając tym samym tę grupę struktur

²⁵Ergodyczność jest pojęciem z obszaru probabilistyki i dotyczy tzw. stacjonarnych procesów stochastycznych. Jeśli proces jest ergodyczny, to wartości jego parametrów statystycznych są w całym zbiorze realizacji tego procesu równe dowolnej jego czasowej realizacji. Jest to zatem, kolokwialnie mówiąc, proces o bardzo równomiernym

złożonych, które zachowują się w sposób statystyczny. Jednym z takich układów jest ruch cząsteczek w gazach.

Układ złożony z dużej liczby prostych składników jest liniowy tylko wtedy, gdy składniki te oddziałują ze sobą w najprostszy lokalny sposób, tak jak się to dzieje w gazie. Dlatego udało się w dziewiętnastym wieku stworzyć efektywną statystyczną teorię gazów. Teoria ta była liniowa, dlatego nie prowadziła do kłopotów matematycznych i obliczeniowych. Tam gdzie części są „głupie” i nie potrafią współpracować ze sobą, wystarczy statystyka zaniedbująca z założenia wszelkie szczegóły i zróżnicowania lokalnej dynamiki²⁶.

Owe „głupie” części tworzą tzw. rozkłady normalne. Jednym ze szczególnych przypadków takiego rozkładu jest powszechnie znana krzywa Gaussa. Jest ich jednak wiele i niejednokrotnie bardzo zróżnicowanych. Ustalenie, że w danym układzie parametrów ich rozkład wielkości spełnia warunki rozkładu normalnego, jest jednym z istotnych przesłanek dopuszczalności wnioskowań statystycznych. Skąd się biorą rozkłady normalne? Z obserwacji rzeczywistości.²⁷ Tkwi tu oczywiście ogromny potencjał błędu. Rozkład normalny w jednym układzie (np. rozkład cząsteczek w gazie albo rozkład średniej ocen w klasie) nie będzie rozkładem normalnym w innym. Stąd statystycy są niezwykle ostrożni w ekstrapolacjach swoich metod poza obszary dobrze rozpoznane.²⁸ Metody statystyczne bardzo dobrze sprawdzają się przy badaniach demograficznych, antropologicznych czy ekologicznych, innymi słowy wszędzie tam, gdzie przychodzi nam badać jakieś populacje pod kątem występowania takich określonych cech względnie stabilnych (trwałych), jak: miejsce zamieszkania, miejsce pracy, liczba urodzeń, średnia wieku itp. Na podstawie badanej próby, zakładając jakiś

rozkładzie. Precyzyjne określenie warunków ergodyczności znajdziemy m.in. w: Plucińska & Pluciński (2000), s. 405.

²⁶Tempczyk (2002), s. 24.

²⁷Por. Plucińska & Pluciński (2000), s. 237.

²⁸Por. omówiony przykład wnioskowania statycznego, jakim jest tzw. analiza statystyczna rynku w: Gorazda (2009).

rodzaj rozkładu normalnego, można skutecznie wnioskować o występowaniu cechy w całej populacji. W układach ergodycznych, metody statystyczne wychwytyją korelacje między zmiennymi. Tu jednak fałszyfikalność uzyskiwanych wyników silnie się zwiększa. Przykładowo w ekonomii można metodami statycznymi poszukiwać korelacji ceny określonego dobra z wytypowanymi zmiennymi, które ewentualnie mogłyby na ową cenę mieć wpływ. W ograniczonej perspektywie czasowej i przestrzennej metoda taka jest skuteczna. Na podstawie badanej próby możemy stosunkowo dokładnie określić np. zależność ceny samochodu określonej marki od roku jego produkcji. Tyle tylko, że zależność ta jest aktualna w ograniczonej przestrzeni (w danym kraju lub obszarze ekonomicznym) i w ograniczonym czasie. Aby oszacować te granice, również posługujemy się metodami statystycznymi. Ponownie zatem zauważamy, że odkrywane regularności są krótkotrwałe i lokalne, i tym samym nie nadają się do sformułowania jakiegoś trwałego prawa. Zdolność metod statystycznych do wyjaśniania zjawisk społecznych, jest silnie ograniczona. Znowu posłużmy się przykładem. Spróbujmy zastosować analizę statystyczną rynku do ustalenia regularności w cenach akcji na giełdzie. Analitycy zgodzą się zapewne, że w krótkich odcinkach czasowych, które mieszczą się w aktualnym trendzie generalnym (wzrostowym lub spadkowym) taka analiza jest możliwa. Przejściowo uda się wychwycić jakieś zależności między np. rentownością spółki w danej branży, a wzrostem wartości jej walorów. Wydłużanie tej perspektywy, a w szczególności załamania trendów powodują, że ustalone statystycznie korelacje rozbiegają się, a próby wstawiania w równania kolejnych zmiennych ekonomicznych i indywidualnych tylko wzmacniają chaotyczność całego układu.

Swoistą „impotencję” statystyki do ogarniania problemów generowanych przez układy złożone dostrzegali też Hayek. Analizując pozostawione przez niego pisma, można założyć, że nie znał wyrafinowanych metod matematycznych służących analizie dynamicznych układów nieliniowych. Prawdopodobnie samo pojęcie układów ergodycznych i nieergodycznych było mu obce. Niemniej intuicja naukowa pozwalała mu dostrzec różnicę pomiędzy układami tworzonymi z „głupich”, niewspółpracujących ze sobą części, a układami, w których ce-

chy tworzących je elementów i ich wzajemne oddziaływania pełnią kluczową rolę dla istotnych cech całej struktury. Zdaniem Hayeka, statystyka sprawdza się tylko w tych pierwszych. Zajmuje się ona w istocie wielkimi liczbami, ale głównie poprzez celowe eliminowanie ich złożoności i traktowanie poszczególnych elementów tak, jakby nie oddziaływały one na siebie wzajemnie. W modelach statystycznych elementy układu tracą swoje indywidualne atrybuty, a w zamian za to są one przypisywane całemu układowi odpowiednio do częstotliwości ich występowania.²⁹

Matematycy wypracowali jednak pewne narzędzia, które pomagają w odkryciu regularności związanych z dynamiką nieliniową w szeregu danych, co do których nie mamy żadnej dobrej teorii. Jako przykład takiej metody, w praktyce stosowanej, wymienić można metodę odtwarzania atraktora Takensa. W metodzie tej materiał do analizy składa się w zasadzie głównie z szeregu danych, bez głębszej wiedzy co do ich struktury. Dokonując skomplikowanych transformacji obliczeniowych na tychże danych i przy założeniu, że dają się one zinterpretować jako jakaś struktura dynamiczna nieliniowa, podejmuje się próby jej odtworzenia, a w szczególności odnalezienia ewentualnych atraktorów. Ich odkrycie potwierdzałoby silnie analogiczność dynamiki zmiennych w układach społecznych ze zmiennymi, np. ruchu cząstek.³⁰ Aż prosi się, aby metody te zastosować w ekonomii, np. do analizy kursu walut lub kursów akcji na giełdzie. Tak się w istocie dzieje. Metody te określane są jako tzw. metody ilościowe i ich aplikacja mieści się w obszarze badań ekonometrii. Próby poszukiwania atraktorów i tym samym określonych, poddających się matematycznemu modelowaniu regularności, podejmowane są nieustannie, w tym także w Polsce. Jak dotąd jednak nie doprowadziły one do osiągnięcia jakichkolwiek znaczących wyników, które wskazywałyby na istnienie struktury złożonej, dynamicznej i wykazującej się regularnościami przynajmniej w obszarze ujawnionych atraktorów.³¹ Na tej podstawie można, moim zda-

²⁹Hayek, *The Theory of Complex Phenomena* (1967).

³⁰Na temat metody odtwarzania atraktora Takensa por. Tempczyk, (2002), s. 75n.

³¹Brak pozytywnych rezultatów w poszukiwaniu atraktorów w szeregu danych ekonomicznych zauważa Tempczyk (2002), s. 60. Konkretnie badania w tym zakresie znajdziemy np. w: Jajuga & Papla (1997) i Miśkiewicz (2007).

niem, pokusić się o pewną generalizację. Nawet jeśli stopień złożoności struktur społecznych wymaga szczególnych narzędzi matematycznych, których obecnie jeszcze nie znamy, to i tak nasza ignorancja nie powinna całkowicie odcinać nas od identyfikowania, mniej lub bardziej niezrozumiałych regularności. Jeśli nawet bardzo wyrafinowane metody matematyczne, opracowane głównie do analizy układów nieliniowych, nie potrafią odkryć owych reguł, to nadszedł być może czas, aby zakwestionować założenie unifikacyjne i dopuścić hipotezę, iż w struktury te inherentnie wkomponowany jest jakiś mechanizm uniemożliwiający ich wyjaśnienie.

ARGUMENT GROBLERA

Grobler jest zwolennikiem naturalizmu. Naukę i jej przedmiot traktuje unifikacyjnie. Metoda naukowa nie powinna być różnicowana ze względu na jej przedmiot. W obszernym rozdziale poświęconym różnieniu nauk na przyrodnicze i społeczne analizuje i poddaje krytyce argumenty przemawiające za ich wyraźną odmiennością.³² Wychodzi od Diltheya i jego podziału na *Naturwissenschaft* i *Geisteswissenschaft*, który ma rzekomo uzasadnienie w odmienności przedmiotu obu grup nauk. W tym drugim przypadku zmieniamy nasz punkt widzenia. Z niezależnego obserwatora stajemy się zaangażowanymi uczestnikami procesu badawczego, który w jakimś sensie dotyczy nas samych. Według Groblera istnieją trzy główne argumenty przemawiające za antynaturalizmem:

1. Szczególna złożoność procesów społecznych, która powoduje, że „odkrywanie autentycznych praw społecznych i przewidywanie zachowań ludzkich jest niemożliwe”.
2. Wolna wola, która determinuje zachowania ludzkie, wskutek czego stają się one nieprzewidywalne.
3. Przewidywania teorii społecznej zmieniają rzeczywistość przez tę teorię opisywaną.

³²Por. Grobler (2006), s. 222.

Argument pierwszy został obszernie omówiony powyżej. Argument drugi świadomie pominię. Wymaga on bowiem na wstępie albo apriorycznego założenia istnienia wolnej woli, albo też wdania się w spór co do jej istnienia. Grobler podchodzi do tego zagadnienia nieco inaczej. Uznaje on bowiem, że wolna wola, po pierwsze sprzeciwiałaby się naturalizmowi gdyby towarzyszyło mu konieczne twierdzenie o determinizmie. Po drugie zaś, uznaje, że wolna wola nie wyklucza przewidywalności zachowań ludzkich, a co za tym idzie możliwości objęcia ich jakąś teorią naukową stosującą metody nauk przyrodniczych. Najciekawszy wydaje się jednak argument trzeci i kontrargument Groblera. To właśnie ten kontrargument uznaję za najistotniejszy wkład do dyskusji i jakkolwiek nie jest on szczególnie rozwinięty, to uważam za konieczne zmierzenie się z nim. Naświetlając jego istotę, Grobler podaje przykład zachowania się inwestorów na giełdzie. Ich decyzje inwestycyjne w jakiejś części podyktowane są nie tyle przewidywaniami co do wartości konkretnych notowanych tamże papierów, ile raczej przewidywaniami co do zachowania się innych inwestorów. Jeśli przewiduję, że w najbliższym czasie inwestorzy będą w szczególności zainteresowani kupowaniem akcji spółek surowcowych, to będę inwestował w te spółki. Wraz bowiem ze wzrostem popytu wzrosnie zapewne cena tychże akcji. Opracowanie konkretnej teorii *T*, wyjaśniającej zachowania inwestorów na giełdzie, pozwoliłoby przewidzieć ich inwestycje w jakimś horyzoncie czasowym. Osoby znające teorię *T* dysponują tym samym wiedzą, która przynajmniej teoretycznie pozwala im na zyskowe inwestycje. Jeśli inwestorom dostępna jest teoria pozwalająca na trafne predykcje zachowań graczy na giełdzie, to z pewnością z teorii tej skorzystają, dokonując odpowiednich transakcji. Jeśli w myśl tej teorii, w najbliższym czasie wzrosnąć ma kurs akcji spółek surowcowych, to inwestorzy będą tym bardziej zainteresowani inwestowaniem w te akcje. Takie zachowanie zmienia wyniki oczekiwane w myśl teorii *T*. Jeśli wzrost kursu akcji według tej teorii miał nastąpić o 10%, to wiedza o tym i odpowiednie transakcje inwestorów „ciągną” kurs na znaczenie wyższy poziom.³³ To szczególne

³³Zjawisko to jest dobrze znane w teorii rynku i prowadzi wprost to powstania tzw. banków spekulacyjnych, czyli niekontrolowanego wzrostu cen danych dóbr, który nie

„sprzężenie” w opinii wielu antynaturalistów prowadzi do problemu nierozstrzygalnego żadną teorią. W dalszej części pracy zjawisko to będę określał mianem wewnętrznej dwukierunkowej współzależności (WDW).³⁴ Niestety Grobler nie podaje źródła tego argumentu. Niełatwo wyśledzić jego początki, niemniej jego charakter i cytowane przykłady z obszaru ekonomii wskazują, że pierwotnie pojawił się on w rozważaniach ekonomistów wczesnoklasycznych (Knight, Mises i Hayek). Na szczególną uwagę zasługują tu analizy Hayeka, który podkreślał znaczenie wiedzy i jej alokacji w społeczeństwie dla procesów będących w zainteresowaniu ekonomii. W wersji takiej jak prezentowana przez Groblera pojawia się on u Golberga i Frydmana w ich bardzo współczesnych modelach „ekonomii wiedzy niedoskonałej”. Jak zwalcza go Grobler?

Przewidywanie zachowań społecznych można potraktować nie jako test samej teorii powiedzmy T , lecz teorii T_1 , która przewiduje ludzkie reakcje na przewidywania teorii T . Ludzie z kolei mogą uwzględnić wpływ własnych działań na spełnienie się przewidywania i odpowiednio do tego modyfikować swoje reakcje. Wówczas przewidywanie, o którym mowa, trzeba uznać za test teorii T_2 , która przewiduje modyfikacje ludzkich reakcji na potencjalnie samospełniające się lub samoobalające się przewidywanie, i tak dalej. Proces konstruowania kolejnych teorii T , T_1 , T_2 ... przypomina procedurę faktualizacji (uchylania kolejnych idealizacji) teorii nauk przyrodniczych. I rzeczywiście polega na uchylaniu kolejnych idealizacji tej treści, tak, że przewidywania teoretyczne w naukach społecznych

ma nic wspólnego z zapotrzebowaniem na konsumpcję. Po raz pierwszy w ekonomii zaobserwowano je w odniesieniu do handlu sadzonkami kwiatów w Holandii w XVII wieku (tulipomania). Zjawisko to legło także u podstaw kryzysu gospodarczego lat 30., kryzysu dotcomów pod koniec XX wieku oraz ostatniego kryzysu finansowego (z 2008 roku), gdzie przedmiotem spekulacji były tzw. derywaty, pochodne papiery wartościowe związane z rynkiem nieruchomości w USA i w krajach rozwiniętych.

³⁴Termin w wersji angielskiej brzmi „*inherent two-way interdependence*” i znajdziemy go m.in. w: Goldberg & Frydman (2009).

nie wpływają na ludzkie zachowania. Granicą tego procesu jest teoria, która w pełni uwzględnia udział teorii społecznej w konstytuowaniu badanej przez nią rzeczywistości. W ten sposób problem zostaje rozwiązany³⁵.

Abstrahując od tego na ile opisany proces „udoskonalania” teorii przypomina faktualizację (moim zdaniem nie przypomina), skupmy się na chwilę na końcowym efekcie tego procesu, a zatem na takiej teorii, która w pełni uwzględnia udział jej samej w konstytuowaniu badanej przez nią rzeczywistości. Nazwijmy ją T_O (teoria ostateczna). Jej wypracowanie jest równoznaczne z osiągnięciem szczególnego stanu równowagi społecznej. Obserwator znający teorię opisującą ludzkie działania jednocześnie potrafi te działania przewidzieć jako rezultat aplikacji teorii, uwzględniając przy tym swoje własne działania będące skutkiem owych predykcji. Podobna teoria równowagi była już proponowana w ekonomii i jej autorem był Leon Walras³⁶. Jej różne wersje rozwijane były aż do lat 70. XX wieku, kiedy to kilku matematyków udowodniło, że nie jest ona możliwa.³⁷ Nie w tej teorii jednak rzecz. Istotnie różniła się ona bowiem od naszej T_O . Ich wspólnym jednak elementem jest znaczenie indywidualnej wiedzy jednostek. W oryginalnej wersji teorii równowagi wiedza ta nie odgrywała istotnej roli. Na kluczowy charakter wiedzy jednostek zwrócił dopiero uwagę Hayek. Był to zresztą jeden z istotnych punktów krytyki tej teorii. Przyjrzyjmy się bliżej przemyśleniom Hayeka, wydają się one bowiem na tyle interesujące, że można je przez analogie zastosować do krytyki T_O . Podobnie jak i my, Hayek pyta, czym jest stan równowagi rynkowej? Według Walrasa i ekonomistów rozwijających jego myśl będzie to stan, w którym podaż i popyt na określone dobra są takie same, co objawia się stabilizacją ceny. Szeroko zakrojoną ambicją teorii byłoby stworzenie takiego modelu zachowań jednostek na rynku, który na podstawie bieżących danych potrafiłby przewidzieć przyszłe ceny równowagi oraz ewentualny proces dochodzenia do nich. Według Hayeka zaś stan ten należy opisać nieco inaczej:

³⁵Grobler (2006), s. 224-225.

³⁶Por. Landreth & Colander (2005), s. 290n.

³⁷Por. Backhouse (2002), s. 226.

equilibrium exists if the actions of all members of the society over a period are all execution of their respective individual plans on which each decided at the beginning of the period

(stan równowagi istnieje jeśli działania wszystkich członków społeczeństwa w danym okresie stanowią realizację ich odpowiednich, indywidualnych planów, na podstawie których podejmują oni decyzje na początku okresu)³⁸.

I dodatkowo:

the plans of different individuals must in a special sens be compatible (...). ...the plans of the one contain exactly those actions which form the data for plans of the other

(plany różnych jednostek muszą w pewnym sensie być kompatybilne (...), ... plan danej jednostki obejmuje dokładnie te działania, które jednocześnie stają się 'danymi' dla planów innych jednostek)³⁹.

Co dla nas wynika z takiej definicji? Po pierwsze mamy tutaj istotne przeniesienie akcentu. Dane, na podstawie których budujemy model równowagi, to nie są dane dotyczące cen towarów i ich ewentualnych zmian w czasie. Te dane to indywidualne plany jednostek konstruowane w oparciu o dostępną im wiedzę. Wiedza ta tylko częściowo składa się z informacji o cenach dóbr na rynku. Głównym jej elementem są indywidualne plany innych jednostek. Plany te zaś wnioskowane są na podstawie działań przez te jednostki podejmowanych. Hayek zauważa tu element WDW – kolistości rozumowania. Działania podejmowane przez jednostkę na rynku są pochodną indywidualnych planów innych jednostek, ale jednocześnie są danymi dla innych jednostek, na podstawie których konstruują one swoje plany. Osobną kwestią zauważoną przez Hayeka jest to, dla kogo owe dane mają być dostępne. Czy dla każdego uczestnika rynku konstruującego swój plan, czy też

³⁸Hayek, *Economics and Knowledge* (1937), s.39. Tłumaczenie własne.

³⁹Tamże s.39. Tłumaczenie własne.

wyłącznie dla badacza, obserwatora konstruującego model rynkowej równowagi. To z kolei implikuje pytanie, czy stan tej wiedzy powinien być taki sam dla wszystkich uczestników czy też dopuszczamy, aby się różnił (badacz też jest elementem tego układu). Dla zwolenników teorii równowagi, oczywistym było, że „dane” oznaczają jedynie dane zgromadzone na rynku i metodologicznie dostępne głównie obserwatorowi (pominąwszy idealizację w postaci tzw. rynku doskonałego). Refleksja Hayeka wskazuje na istotne pomieszenie pojęć. Można oczywiście założyć, że pomiędzy informacjami dostępnymi na rynku, a indywidualnymi planami jednostek zachodzi jakaś korespondencja (relacja). Nie jest nam ona jednak znana, a przynajmniej nie była przedmiotem zainteresowania protagonistów modelu równowagi.⁴⁰ Po tych wstępnych obserwacjach można sformułować kilka konkluzji:

1. Wyłączywszy stan równowagi jednoosobowej (osoba sama ze sobą pozostaje w równowadze rynkowej) oraz stan równowagi oparty na założeniu, że wszyscy wiedzą wszystko, z koniecznej kompatybilności indywidualnych planów jednostek oraz z koniecznej niedoskonałości ich wiedzy (są obszary relewantnej wiedzy, które określonym jednostkom nie będą dostępne) można wywieść wniosek, że stan równowagi rynkowej byłby stanem, w którym indywidualne plany przynajmniej niektórych jednostek budowane są na podstawie błędnych predykcji, co do rozwoju sytuacji na rynku.
2. Stan równowagi rynkowej zostaje zakłócony przez perturbacje egzo- i endogeniczne. Perturbacje to nic innego jak fakty, które pozostają w sprzeczności przynajmniej z niektórymi indywidu-

⁴⁰Esej Hayeka został opublikowany w 1937 roku. Poza problemami wskazanymi wyżej Hayek zauważył także, że jednym z kluczowych elementów jego analizy powinien być proces pozyskiwania wiedzy przez jednostki, który w zasadzie powinien być badany empirycznie. Intuicja podpowiedziała mu trafnie. Wiele lat później badania w obszarze ekonomii behawioralnej i eksperymentalnej pokazały, że nawet prosty przekaz wiedzy nie prowadzi do jej pełnej recepcji, co jest zgorą eksperymentatorów. Cały zestaw inherentnych mechanizmów naszej psychiki blokuje recepcje tej wiedzy. Jej faktyczne przyswojenie (silniejsze i trwalsze) następuje dopiero wskutek indywidualnego powtarzalnego doświadczenia. (Smith [1994])

alnymi planami jednostek i tym samym prowadzą do ich nieuchronnej zmiany. Nawet jeśli wyeliminujemy perturbacje egzogeniczne i przyjmujemy, że w tym zakresie predykcje jednostek będą zgodne z rozwojem rzeczywistości (codziennie rano wstanie słońce, cykl pór roku nie zostanie zakłócony, nie wydarzą się katastrofy przyrodnicze, nie wybuchnie konflikt nuklearny itd.), to wskazana powyżej niedoskonałość wiedzy jednostek i fałszywość przynajmniej niektórych ich predykcji prowadzi do nieuchronnych perturbacji endogenicznych.

3. Stan równowagi zatem jest stanem nieosiągalnym, a co najwyżej staje się pewną uchwytą tendencją w rozwoju sytuacji na rynku.

Podobne rozumowanie można zastosować do krytyki T_O . Na wstępie przyjmijmy zgodnie z założeniami niniejszego tekstu, że T_O jest niczym innym, jak tylko pewną hipotezą badawczą, sformułowaną w świetle wiedzy zastanej, która ma nam wyjaśnić zachowania jednostek w określonym układzie społecznym. Wyjaśnienie polega zatem na konstruowaniu modelu określonego fragmentu rzeczywistości społecznej. Model powinien działać, wykazując się korespondencją z modelowaną rzeczywistością. Po zgromadzeniu danych wejściowych zastosowanie modelu powinno doprowadzić do jakiegoś rezultatu dającego się porównać z obserwowaną rzeczywistością. Teoria zatem jest rozbudowanym modelem wyjaśniającym. Czym są dane wejściowe do modelu? W ślad za powyższym rozumowaniem Hayeka przyjmę, że są to indywidualne plany jednostek konstruowane w oparciu o ich stan wiedzy. Istotnym elementem tego stanu wiedzy są założenia dotyczące planów innych jednostek, wywnioskowane na podstawie domniemanego stanu ich wiedzy. Rezultatem z aplikacji modelu do określonych danych wejściowych jest predykcja co do zachowań jednostek w badanym układzie. Zastosowanie teorii T_O może prowadzić do dwóch rezultatów: albo stosujący ją badacz/obserwator, zapoznawszy się z jej wynikami, zmienia stan swojej wiedzy, albo też zmiana nie występuje. Jeżeli stan wiedzy obserwatora pomimo zastosowania T_O nie ulega zmianie, to w istocie mamy do czynienia z sytuacją równowagi opisaną przez Groblera jako „teoria, która w pełni uwzględnia udział teorii społecznej

w konstituowaniu badanej przez nią rzeczywistości”. Tyle tylko, że w takiej sytuacji teoria ta nic nie wyjaśnia. Jest całkowicie aprioryczna, nie poszerza naszego stanu wiedzy i nie pozwala na rozstrzygnięcie jakichkolwiek problemów. Jest też możliwy drugi przypadek, w którym teoria T_O , jest dosłownie ostateczna, tzn. jej skonstruowanie zamyka granice poznania (przynajmniej w obszarze nauk społecznych) i doprowadza do stanu, w którym wszyscy wiedzą wszystko. Byłby to stan egzystencji podobny do opisanego przez Kurta Vonneguta w *Rzeźni nr 5* stanu, w którym znajdowali się mieszkańcy Tralfamadorii – społeczność istot pozaziemskich żyjących poza czasem i kontemplujących swoją doskonale znaną przeszłość. Odchodząc jednak od tego absurdalnego porównania, można powiedzieć, że taka teoria jest możliwa wyłącznie w odniesieniu do retrospektywnego badania rzeczywistości społecznej. Model odnosi się zatem w całości do przeszłości. Wynik jego zastosowania albo falsyfikuje model, albo nie poszerza naszej wiedzy, bo to, co na podstawie zastosowania modelu udało się przewidzieć, już się wydarzyło w przeszłości i w istocie nie zmienia stanu wiedzy obserwatora.

Rozważmy teraz drugi przypadek, tj. sytuację, w której wynik zastosowania T_O w jakiejś części zmienia stan wiedzy badacza. Aby pozostało to bez wpływu na wynik, musimy przyjąć, że wiedza badacza nie stanowi „danej” dla modelu. To byłoby możliwe, gdyby badacz był całkowicie zewnętrzny wobec układu, albo też gdyby zmiana jego wiedzy była irrelevantna wobec badanego problemu. Obie te sytuacje są sprzeczne z założeniami. Co pozostaje? Można jeszcze dokonać pewnej weryfikacji założeń i przyjąć, że T_O posługuje się innymi danymi niż wiedza jednostek – jakimś korelatem tejże wiedzy. Na przykład – tak jak w klasycznej teorii równowagi – danymi tymi mogą być informacje o cenie określonego dobra, kosztach jego produkcji czy też trendzie zmiany ceny. W przypadku cen akcji na giełdzie korelatem mogą być dane finansowe notowanych spółek, dane dotyczące ich planów sprzedaży oraz poziomu ich realizacji w okresach minionych. W ten sposób abstrahujemy od zmiany stanu wiedzy badacza. Tyle tylko, że ów korelat musi pozostawać z wiedzą jednostek w jakiejś relacji, o której co prawda niewiele wiemy, ale przynajmniej tyle, iż możemy przy-

jąc, że relacja ta powinna być zwrotna. Zmiana owego korelatu prowadzi do zmiany stanu wiedzy, ale też zmiana stanu wiedzy pośrednio lub bezpośrednio modyfikuje ów korelat. O ile fakt, iż zmiana cen określonych dóbr zmienia nasz stan wiedzy wydaje się oczywisty, o tyle pewnego wyjaśnienia wymaga wpływ stanu wiedzy na cenę. Fałszywe przeświadczenie o przyszłym popycie na określone dobra wpływa na ich cenę tu i teraz. Jeśli na rynku rozpowszechniono by informację o wyczerpaniu się światowych zapasów zboża, to zarówno jego ceny, jak i ceny produktów pochodnych gwałtownie skoczyłyby w górę. Trochę bardziej skomplikowany mechanizm leży u podstaw korelowania wyników finansowych firm i wiedzy inwestorów na temat ich perspektyw rozwoju. Zakładane, choćby fałszywie, negatywne predykcje co do określonej branży przemysłu przekładają się na cenę akcji spółek z tej branży. Niska cena akcji oznacza dla spółki tzw. niższą kapitalizację (czyli wycenę całości jej majątku), a w konsekwencji wyższe koszty finansowania. Koszty finansowania są zaś składową wyników finansowych spółek i ukryte są w cenie produktu. Perturbacje związane z ceną akcji na giełdzie, wbrew naiwnym wyobrażeniom wielu lewicujących alterglobalistów, przekładają się nie wprost na wyniki finansowe firm i cenę produktów konsumpcyjnych. Jeśli zatem relacja wiedzy inwestorów na rynku i domniemanego korelatu ma charakter zwrotny, to jego wprowadzenie do teorii T_O nic nie zmienia. W miejsce wyeliminowanej zmiennej W (wiedza) wprowadzamy bowiem inną zmienną K (korelat wiedzy), której działanie jednak jest dokładnie takie samo. Wydaje się, że innych opcji już nie ma. *Tertium non datur*. Rozwinięcie argumentu Groblera prowadzi bądź do absurdu, bądź do sprzeczności.

LITERATURA

- Backhouse, R. E. (2002). *The Penguin History of Economics*. London: Penguin Books.
- Backhouse, R. E. (2010). *The Puzzle of Modern Economics: Science or Ideology?* Cambridge: Cambridge University Press.

- Comte, A. (1961). *Metoda pozytywna w szesnastu wykładach*. (W. Wojciechowska, Trans.) Warszawa: Państwowe Wydawnictwo Naukowe.
- Friedman, M. (2008). The Methodology of Positive Economics. In D. M. Hausman (Ed.), *The Philosophy of Economics. An Anthology* (pp. 145-178). Cambridge: Cambridge University Press.
- Goldberg, M. D., & Frydman, R. (2009). *Ekonomia wiedzy niedoskonałej*. (M. Krawczyk, Trans.) Warszawa: Wydawnictwo Krytyki Politycznej.
- Gorazda, M. (2009). Przyczynek do krytyki statystyczno-relevantnego modelu wyjaśniania naukowego. *Zagadnienia Filozoficzne w Nauce* (45), p. 145.
- Grobler, A. (2006). *Metodologia nauk*. Kraków: Aureus.
- Gul, F., & Pesendorfer, W. (2001). Temptation and self-control. *Econometrica*, 69 (6), 1403-35.
- Hayek, F. A. (1937, February). Economics and Knowledge. *Economica IV*, pp. 33-54.
- Hayek, F. A. (1967). The Theory of Complex Phenomena. In F. A. Hayek, *Studies in Philosophy, Politics and Economics* (pp. 22-42). London: Routledge & Kegan Paul.
- Jajuga, K., & Papła, D. (1997). Teoria chaosu w analizie finansowych szeregów czasowych - aspekty teoretyczne i badania empiryczne. *Dynamiczne modele ekonometryczne. V Ogólnopolskie Seminarium Naukowe*. Toruń: Katedra Ekonometrii i Statystyki UMK w Toruniu.
- Jevons, W. S. (2011, 02 18). *The Theory of Political Economy*. Retrieved 02 18, 2011, from Library of Economics and Liberty: <http://www.econlib.org/library/YPDBooks/Jevons/jvnPE.html>
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decisions under risk. *Econometrica* (47), 313-327.

- Kułakowski, K. (2010, 11 07). *Automaty komórkowe*. Retrieved 11 07, 2011, from Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej AGH: <http://www.ftj.agh.edu.pl/~kulakowski/ac/>
- Landreth, H., & Colander, D. C. (2005). *Historia myśli ekonomicznej*. (A. Szeworski, Trans.) Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Mainzer, K. (2007). *Poznanwanie złożoności. Obliczeniowa dynamika materii, umysłu i ludzkości*. (r. M. Hetmański, Trans.) Lublin: Wydawnictwo Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej.
- Marciszewski, W. (2004). Nierozstrzygalność i algorytmiczna niedostępność w naukach społecznych. *Filozofia Nauki*, 12 (3-4), pp. 5-31.
- Marciszewski, W. (2010, 09 06). *Niewymierność i Nieobliczalność a Sztuczna Inteligencja. Przyczynek do problemu jedności świata i jedności nauki*. Retrieved 09 06, 2010, from Calculemus: <http://www.calculemus.org/publ-WM/2003/niewym.html>
- Marshall, A. (2000). *Principles of Economics*. Retrieved 02 22, 2011, from Library of Economics and Liberty: <http://www.econlib.org/library/Marshall/marP.html>
- Miśkiewicz, M. (2007). Zastosowanie wykładników Lapunowa do prognozowania zjawisk ekonomicznych opisanych za pomocą szeregów czasowych. *Prace naukowe Akademii Ekonomicznej we Wrocławiu. Zastosowanie Metod Ilościowych* (1189), pp. 211-223.
- Mitchell, M. (2009). *Complexity. A Guided Tour*. Oxford New York: Oxford University Press.
- Olszewski, A. (2009). *Teza Churcha. Kontekst historyczno-filozoficzny*. Kraków: Universitas.
- Plucińska, A., & Pluciński, E. (2000). *Probabilistyka. Rachunek prawdopodobieństwa. Statystyka matematyczna. Procesy stochastyczne*. Warszawa: Wydawnictwa Naukowo-Techniczne.
- Ross, D., & Kincaid, H. (2009). *The Oxford Handbook of Philosophy of Economics*. Oxford: Oxford University Press.

- Smith, V. (1994). Economics in the Laboratory. *Journal of Economic Perspective*, vol. 8 (Winter 1994): 113-31, 8, 113-31.
- Tempczyk, M. (2002). *Teoria chaosu dla odważnych*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Turing, A. (1937). On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem. *Proceedings of the London Mathematical Society*, 2 (42), pp. 230-265.
- Walras, L. (1926). *Éléments d'économie politique pure, ou théorie de la richesse sociale*. Paris: H. Pichon et R. Durand-Auzias.

SUMMARY

LIMITS OF SCIENTIFIC EXPLANATION (I)

The purpose of the paper is to challenge one of the most important assumptions of the neo-positivists, namely the unity of science. The idea that all of the sciences, both natural and social, should have the same structure and should deploy similar methods is, after Grobler, called naturalism. I try to argue for anti-naturalism. An interesting example seems to be economics. It does not, however, demonstrate the success, similar to that achieved by natural sciences. Certain naturalistic explanations for this lack of success are reviewed and criticized in the paper. Firstly, complexity: at the beginning of this naturalistic argument, one encounters the problem of definition. Up to nine different notions of complexity are proposed and only a few of them are practically quantitative. Secondly, mathematics: in the natural sciences we explore mathematical theories in order to capture the regularities in the investigated phenomena and to include them in the corresponding equations. However, even if we do not have a perfectly corresponding mathematical model, regularities themselves can be observed. Wherever we do not have a good theory expressed in terms of exact mathematical equations, we should at least be able to judge the existence or non-existence of certain regularities on the basis of linear (statistical) or non-linear methods. Those methods, some of them extremely sophisticated, are being extensively applied in economics and in econometrics (the so called quantitative methods). The results are disappointing.

The anti-naturalistic argumentation of Grobler is dealt with separately. Grobler names three anti-naturalistic arguments: complexity (as mentioned above), the free will of humans (which the author did not find interesting

enough) and, finally, the reasoning which is called, "inherent two-way interdependence". Grobler maintains that we are able to work out a meta-theory which shall include both predictions and the possible impact of those predictions on the theory's object. This proposal is rejected in the paper.

Bartosz JANIK
Wydział Filozoficzny, Uniwersytet Jagielloński
bartosz.janik@uj.edu.pl

PROGRAM ERICA KANDELA A MATERIALIZM NIEREDUKCJONISTYCZNY

W niniejszym artykule dokonana zostanie analiza programu metodologicznego E. Kandela dla psychiatrii jako nauki, z punktu widzenia materializmu nieredukcjonistycznego i jego różnych odmian. Przybliżony zostanie program Kandela i wskazane zostanie miejsce jakie zajmuje on na płaszczyźnie metodologicznych rozważań nad psychiatrią. Zidentyfikowane i nazwane zostaną jego najważniejsze metodologiczne elementy. Ostatecznie, do założeń programu Kandela, przyłożona zostanie miarka materializmu nieredukcjonistycznego oraz wskazane zostanie, jak program ten wpisuje się w tę tradycję filozoficzną.

I. GŁÓWNE IDEE PROGRAMU E. KANDELA

Zaprezentowany przez Erica Kandela w dwóch artykułach, odpowiednio z 1998 oraz 1999 roku, metodologiczny program nowej ramy operacyjnej dla psychiatrii stworzył warunki dla powrotu paradygmatu naukowego w psychiatrii, jednakże na zupełnie nowych zasadach, oferując znacznie więcej niż zwykły biologiczny redukcjonizm. Program Kandela opiera się na pięciu podstawowych zasadach:¹

¹Wszystkie tłumaczenia w niniejszym tekście pochodzą od autora, chyba że zaznaczono inaczej.

Zasada 1. Wszystkie procesy mentalne, nawet najbardziej złożone, są pochodnymi procesów zachodzących w mózgu.

Zasada 2. Geny oraz ich produkty białkowe są ważnymi determinantami wzorów połączeń pomiędzy neuronami w mózgu a szczegółami ich wzajemnego funkcjonowania.

Zasada 3. Zmiany genetycznie nie wyjaśniają, same z siebie, całej różnorodności chorób psychicznych. Czynniki społeczne oraz rozwojowe wpływają na powstawanie chorób psychicznych.

Zasada 4. Zmiany w wyrażaniu się genów wywoływane przez uczenie się powodują zmiany we wzorcach połączeń neuronalnych w mózgu.

Zasada 5. Psychoterapia oraz doradztwo są efektywnym środkiem psychiatrycznym. Produkują one długofalowe zmiany w zachowaniu oraz, prawdopodobnie poprzez mechanizmy uczenia się, powodują zmiany w sposobie wyrażania się genów. [Kandel et al., 1998, s. 39]

Powyższe zasady stanowią jądro programu Kandela, który stanowił będzie przedmiot analizy zaangażowanej filozoficznie w ramach materializmu nieredukcjonistycznego. Wydaje się, że uwagi uzupełniające dotyczące wymienionych zasad, powinny zostać poprzedzone wyjaśnieniem najważniejszych pojęć oraz kwestii podstawowych.

Pierwsza zasada, która stanowiła będzie najważniejszy element analizy która będzie przedmiotem niniejszego artykułu wyraża potrzebę określenia pojęcia materializmu oraz zdefiniowania problematyki redukcjonizmu w ramach systemu Kandela. Drugą z definicji wspierały będą dwie kolejne zasady. Przede wszystkim w ramach prac Kandela i w niniejszym artykule przyjmuje się że teza materializmu równoważna może być tezie o związku treści mentalnych z treściami

fizykalnymi który nie forsuje odrębności kategoryjnej żadnej z treści oraz zakłada możliwość ufundowania treści mentalnych na treściach fizykalnych. W ramach tak pojętego materializmu, mówić możemy o materializmie redukcjonistycznym dla którego wspomniane ufundowanie treści mentalnych na fizykalnych przybiera formę redukcji tych pierwszych do drugich, z drugiej strony mówić możemy o materializmie niereducjonistycznym w ramach którego relacja ufundowania się treści musi zostać określona w inny sposób, który umożliwi pojawienie się jakościowych skoków pomiędzy odpowiednimi treściami. Druga z form materializmu będzie stanowiskiem komentowanym w niniejszym artykule. Dokładne definicje na potrzeby analizy filozoficznej sformułowane zostaną w rozdziale 5. Problematyka redukcjonizmu, ogranicza się w ramach prezentowanego systemu do tezy o niemożliwości bezpośredniej redukcji treści mentalnych do fizykalnych, w z związku z czynną rolą struktur genetycznych w wyjaśnianiu powstawania treści mentalnych. Czwarta z wymienionych zasad, wskazuje że w związku ze społecznym charakterem uczenia się oraz neurobiologicznym jego aspektem, należy dyskusję o materializmie przenieść na poziom dopuszczający możliwość zmian jakościowych w ramach powstawania struktur mentalnych, co wspiera wybór określonej wersji materializmu.

Ostatnia z zasad, której precyzyjna analiza musi zostać odłożona na bok w tym artykule, dotyczy problematyki psychoterapii i jej miejsca w systemie Kandela. Poprzez psychoterapię Kandel rozumie zespół metod i środków terapeutycznych które wiążą się ze strukturalnym postrzeganiem umysłu. Dla potrzeb tego artykułu wystarczy przyjąć że psychoterapia jest interakcją na linii pacjent – terapeuta, w ramach której wykorzystywane są metody analizy asocjacji i treści nieświadomych. Wielokrotnie podkreślane w komentowanym artykule przez Kandela zostało, że interesuje go sposób w jaki wspomniana relacja wpływa na tworzenie się nowych struktur biologicznych (nerwowych). Uwagi o charakterze ogólnym, w ramach psychoterapii przeniesione zostały przez Kandela do drugiego, nie omawianego wyczerpująco w tej pracy, artykułu [Kandel, 1999]

System wyrażony w ramach tych zasad, postrzegać można jako kompletną strukturę która wyjaśnić ma zarówno problemy teoretyczne psychiatrii związane z postrzeganiem ludzkiego umysłu oraz związanego z nim zachowania się ludzi, poprzez wprowadzenie genetyki oraz problemy praktyczne psychiatrii związane, z jednej strony z problematyką domniemanej naukowości psychoterapii, z drugiej strony natomiast związane z adekwatnością stosowania psychoterapii w psychiatrii. Pytania teoretyczne zostaną omówione szczegółowo w dalszej części pracy. W ramach pytań praktycznych, problem naukowości psychoterapii wykracza poza ramy niniejszego artykułu a problem zasadności stosowania psychoterapii w psychiatrii zostanie poruszony pośrednio, poprzez wskazanie podstawy relacji genetyka - psychoterapia.

Perspektywa Kandela jest bardzo szeroka i mocno ugruntowana w naukach szczegółowych. Podstawą naukową dla tej koncepcji będzie genetyka oraz jej osiągnięcia w związku z badaniem genetycznych podstaw mechanizmów neuronalnych oraz wykształcone w ramach odpowiedniej transmisji i transkrypcji połączenia neuronalne wraz z ich biologiczną bazą. Podstawy te, odniesione zostały przez Kandela do własnych badań dotyczących zmian molekularnych w mózgu w ramach procesów uczenia się, roli kory sensomotorycznej w procesach uczenia się oraz badaniom nad związkiem pamięci strukturalnej i proceduralnej z psychoanalizą [Kandel, 1999] [Kandel et al., 2000].

2. PROBLEMY

Program nakreślony przez Kandela, stanowić miał pewien punkt wyjścia oraz perspektywę, raczej niż odpowiedź na naukowe pytania o status psychiatrii, definicję choroby psychicznej czy biologiczne podstawy relacji umysł – ciało. W dalszej części postaram się wskazać na miejsce programu i wiążącej się z nim filozofii nauki w ramach naukowej psychiatrii. W tym miejscu chciałbym wskazać na kwestie problematyczne, które poza problemami ściśle empirycznymi generują otwarte kwestie o charakterze filozoficznym. O większości problemów wspomina w swoim artykule Kandel [Kandel et al., 1998].

Perspektywa materialistyczna. W ramach perspektywy redukcji treści mentalnych do odpowiednich funkcji mózgu, pojawiają się pytania o wzajemną relację systemów neuronalnych i pojawiających się treści mentalnych. Na tego typu pytania, klasycznie należące do filozofii umysłu, sformułować odpowiedź w języku naukowym jest niezmiernie ciężko.

- 1.1 Jakiego typu relacja łączy mózg i procesy mentalne i w jakim języku powinna być wyrażona aby był on naukowo adekwatny oraz ugruntowany psychiatrycznie.
- 1.2 Jak relacja pomiędzy tymi treściami poradzi sobie z koniecznością determinowania różnorodnych procesów mentalnych?

Perspektywa genetyczna. W ramach oparcia procesów mentalnych na podłożu genetycznym pojawiają się problemy dotyczące sposobu przenoszenia informacji na poziomie genetycznym oraz dotyczące sposobu inkorporacji czynników środowiskowych do modelu genetycznego. Na pytania te Kandel odpowiada używając pojęć transmisji oraz transkrypcji, ale wydaje się że generują one kolejne pytania, nie rozstrzygając kwestii w sposób definitywny.

- 2.1 W jaki sposób geny kodują zachowanie, czy istnieją kompleksowe wzorce czy na sprawę należy spoglądać z punktu widzenia „atomizmu sytuacyjnego”?
- 2.2 Próby wyjaśniania statystycznych badań nad zapadalnością na schizofrenię u bliźniąt jednojajowych?
- 2.3 Otwarta dyskusja dotycząca etiologii poszczególnych chorób psychicznych. Przede wszystkim uwzględniająca zróżnicowany wpływ czynników środowiskowych w zależności od zaburzenia.

Pytanie o sposób warunkowania. Przyjmując pewną tezę materialistyczną, pojawia się pytanie w jaki sposób to co materialne wpływa na to co zwykle uznawane było za niematerialne. Idąc dalej, Kandel przyznaje że geny tylko częściowo warunkują nasze zachowanie poprzez

tworzenie połączeń nerwowych w mózgu. Z drugiej strony, zachodzi warunkowanie związane z wpływem środowiska na proces wyrażania się genu oraz oddziaływanie na linii uczenie się - zmiana połączeń nerwowych w mózgu. Tak pojęte, dwustopniowe warunkowanie jest ciekawe z punktu widzenia filozoficznego, ale w ramach modelu wyjaśniającego tworzy dwa problemy zamiast pozostać przy jednym, związanym z tradycyjnie pojmowanym materializmem redukcjonistycznym.

3.1 W jaki sposób czynniki biologiczne wpływają na procesy mentalne.

3.2 W jakim stopniu zachodzi wzajemne warunkowanie na linii geny - struktura mózgu - procesy mentalne (i społeczeństwo)

Perspektywa społeczno – psychologiczna. W ramach uwag Kandela o warunkowaniu związanym z czynnikami społecznymi należy połączyć dyskusję dotyczącą etiologii zaburzeń z uwagami dotyczącymi kształtowania się fenotypu w związku z określonymi czynnikami pochodzenia społecznego. Bardzo ważnym zagadnieniem jest kwestia wpływu uczenia się na strukturalne zmiany w mózgu. Wydaje się że dyskusja ta mogłaby zostać połączona z najnowszymi wynikami badań dotyczących architektury mózgu. Z drugiej strony, opinia Kandela o wieloaspektowym charakterze etiologii chorób psychicznych w sposób oczywisty stawia go w opozycji do podejść organiczno – funkcjonalnych w psychiatrii, których wyrazem była klasyfikacja DSM II. Poglądy Kandela zbliżają go do wieloosiowego podejścia do choroby psychicznej, wyrażonego w obowiązującej klasyfikacji.

4.1 Próby wyjaśniania zjawiska nabywania chorób psychicznych.

4.2 W jaki sposób tworzą się zmiany genetyczne w ramach modelu społecznego?

4.3 W jaki sposób uczenie się wpływa na zachowanie?

Redukcjonizm który nie jest redukcjonizmem. O zarzutach związanych z potencjalną groźbą redukcjonizmu w ramach swojego programu, Kandell wypowiedział się bezpośrednio. W jego ujęciu, widmo redukcjonizmu opiera się na dwóch błędnych opiniach: po pierwsze, na przekonaniu iż jedyną rolą genów jest transmisja (a więc przenoszenie informacji) oraz po drugie, na przekonaniu że jedyną determinantą procesów mózgowych jest genetyka. W świetle przedstawionych informacji, wydaje się to być oczywiste, jednakże warto to podkreślić.

Wyraźnie widoczna jest szeroka gama problemów, spośród których tylko niektóre mogą zostać rozwiązane w sposób naukowy. Najważniejszym problemem z punktu widzenia niniejszego artykułu, jest skok jakościowy który dokonuje się u Kandella pomiędzy poziomem genetycznym a poziomem mentalnym. Zwrócił na to uwagę na schematycznie skonstruowanym schemacie programu Kandella, S. Nassir Ghaemi, dla którego jednak skok ten nie stanowi problemu, gdyż spogląda on na propozycję Kandella z perspektywy psychiatry zaangażowanego [Ghaemi et al., 2007]. Psychiatria zaangażowana może być w tym miejscu rozumiana jako nastawiona na postrzeganie pacjenta w ramach relacji ciało – egzystencja, raczej niż w ramach postrzegania silnie zredukowanego do perspektywy biologicznej. Moim zdaniem, wyjaśnienie skoku jakościowego dokonane może być w zadowalający naukowo sposób jedynie posługując się jedną z filozoficznych teorii operujących na gruncie materializmu nieredukcjonistycznego, o czym będzie mowa w drugiej części artykułu.

3. KOMENTARZ NIEZAANGAŻOWANY FILOZOFICZNIE

W książce dotyczącej podejść do psychiatrii S. Nassir Ghaemi dokonuje zestawienia największych prądów myślowych w ramach filozoficznego i naukowego namysłu nad metodami preferowanymi w psychiatrii. Opisuje on program Kandella w ramach grupy integracjonistycznej, razem z programem neoheglowskiej psychiatrii E. Hunderta. W ramach propozycji obu psychiatrów, tworzona jest jedna teoria która nie tylko ma służyć jako naukową podstawą całej psychiatrii ale również grunt na którym można dokonać połączenia psychiatrii oraz neuronauk.

Co więcej, w ramach tych teorii wskazać można bardzo wiele elementów związanych z perspektywą zaangażowaną w psychiatrii. Zaletą tego podejścia, zestawiając je z podejściem pluralistycznym, jest formułowanie całościowej teorii zamiast atakowania problemu różnymi, często podejmowanymi w ramach różnych paradygmatów, metodami. Ghaemi, charakteryzując system Kandela, nie dodaje do niego żadnej wartości leżącej poza nim. Odnosi go jedynie do kwestii potencjalnej zupełności wyjaśniania i założonej efektywności leczniczej która, poprzez trwałe zmiany biologiczne indukowane przez farmakologię oraz psychoterapię – jako dwie równorzędne metody, prezentuje się interesująco.

N.S. Ghaemi przedstawia system Kandela, jako opierający się na następujących tezach [Ghaemi et al., 2007, s. 294-295]:

1. Umysł jest zależny od mózgu.
2. Mózg jest częściowo zależny od genów.
 - (a) Zatem umysł jest częściowo zależny od genów.
 - (b) Zatem zaburzenia psychiczne są częściowo zależne od genów.
3. Mózg jest częściowo zależny od środowiska społecznego.
 - (a) Zatem umysł jest częściowo zależny od środowiska społecznego.
 - (b) Zatem zaburzenia psychiczne są częściowo zależne od środowiska społecznego.
4. Środowisko społeczne wpływa na zaburzenia psychiczne za pomocą mózgu.
5. Leczenie psychiatryczne, niezależnie od tego czy biologiczne czy psychologiczne, działa poprzez mechanizm zmian w mózgu oparty na uczeniu się.

Dwie ostatnie tezy, rozwinięte zostały w uzupełniającym koncepcję bazy pojęciowej dla psychiatrii, artykule późniejszym [Kandel, 1999].

Sformułowanie programu Kandela w taki sposób otwiera bardzo ciekawą możliwość interpretacji go w ramach modelu dla teorii logicznej. Tezy Kandela, w ujęciu zaproponowanym przez Ghaemiego pomogą odpowiedzieć na pytanie o postulowane oraz aktualnie obecne elementy filozoficzne w tej koncepcji.

4. KOMENTARZ ZAANGAŻOWANY FILOZOFICZNIE

Aby skomentować Kandela z punktu widzenia filozofii, posłużę się pracą G. Glasa [Glas, 2002], dla którego krytyka Kandela oraz Patricii Churchland stanowi podstawę do zaprezentowania filozoficznych poglądów holenderskiego filozofa H. Dooyeweerda. Nie będę referował innych poglądów autora tej pracy, poza krytyką programu Kandela, uzupełniając tę krytykę o własne uwagi.

Krytyka autorstwa G. Glasa, opiera się przede wszystkim na wykazaniu szeregu niedokładnych sformułowań które dopuszczają bardzo wiele możliwych interpretacji filozoficznych. Przede wszystkim, uważa on, że Kandel pisząc o tym że mózg jest polem działania funkcji mentalnych² rozwiązuje trudny problem świadomości³, unikając go oraz tłumacząc się zupełnie zapominając o *qualiach* fenomenalnych, związanym z różnymi stanami mentalnymi [Glas, 2002, s. 160].⁴ Dodatkowo, używanie sformułowań zawierających wyrażenia sugerujące zobowiązania ontologiczne, oraz utożsamienie stanów biologicznych z kognitywnymi, zdaniem autora krytyki, wprowadza zamieszanie w którym Kandelowi można przypisać rozmaite poglądy znane z filozofii umysłu np. wariant teorii identyczności, epifenomenalizm czy mocny redukcjonizm materialistyczny. Konkluzją krytyka jest przekonanie że dobór słów w których Kandel sformułował swój program

²"The central tenet of this view is that what we comonly call mind is a range of functions carried out by the brain" [Kandel et al., 1998, s. 39]

³Przez trudny problem świadomości rozumiem zagadnienie pochodzenia jakości związanych z powstawaniem i trwaniem treści mentalnych. Problemu związany z koniecznością wyjaśnienia w jaki sposób treści mentalne są przeżywane, nie zostaje na gruncie koncepcji Kandela rozwiązany.

⁴Poprzez *qualia* rozumiem jakości stowarzyszone z określonymi przedmiotami które jednak wykraczają poza te przedmioty.

wskazuje nam epifenomenalizm jako na właściwą interpretację. Przemawiać ma za tym asymetria pomiędzy mózgiem a funkcjami kognitywnymi.

Z drugiej strony, krytyka Kandela opiera się na wykazaniu że decyzja o przyznaniu wyróżnionego statusu psychoterapii i genetyce, opiera się w pewnym stopniu na arbitralnej decyzji badacza, która z zasady jest niepodważalna. O ile w przypadku genetyki, istnieją silne podstawy naukowe do twierdzenia o jej fundamentalnym charakterze, tak psychoterapia, jako praktyka o dyskusyjnych podstawach empirycznych z jednej strony nie może służyć jako podstawa holistycznego wyjaśniania naukowego, z drugiej strony nie może uzasadnić swojej bezpośredniej łączności z genetyką w sposób źródłowy [Glas, 2002, s. 161].

Kolejna trudność, w opinii autora, wynika z faktu że Kandel posługując się wyjaśnianiem strukturalnym, wikła się nieświadomie w zależności ontologiczne na poziomie relacji mózg – rzeczywistość, co po raz kolejny sprawia że jego poglądy ciężko jednoznacznie interpretować bez popadania w sprzeczność [Glas, 2002, s. 162].

Ostatnią uwagą Glasa, która wydaje mi się najbardziej celna, jest pytanie o charakter relacji między różnymi poziomami w systemie zbudowanym przez Kandela. Poprzez system, rozumiem różne poziomy biologiczne, które wymienia Kandel w ramach redukcji funkcji umysłu do działania mózgu. Glas zwraca słusznie uwagę, że nie wiadomo nic o naturze relacji między-poziomowej. W zależności od wyboru jej charakterystyki, możemy mówić o redukcjonizmie, dualizmie lub funkcjonalizmie. Pytaniem jest czy relacja ta może być opisana w taki sposób aby nie przesądzać o przyjęciu określonego stanowiska filozoficznego [Glas, 2002, s. 163] ? Możliwe rozwiązanie trudności związanych ze wzajemnymi relacjami różnych poziomów awizowałem we wcześniejszej części pracy, w pełni przedstawiam je dalej.

Autor krytyki widzi przede wszystkim silne rozwiązania problemów postawionych przez Kandela. Z proponowanej perspektywy, widzimy przede wszystkim zamęt pojęciowy oraz niedokończone struktury o charakterze filozoficznym. Wydaje mi się jednakże, że Kandel może zostać uzupełniony spójną koncepcją filozoficzną w taki sposób

aby całościowy obraz był wolny od wspomnianego zamętu. Taką koncepcję zaprezentuję w dalszej części pracy.

INTERMEZZO: PROBLEM NAUKOWOŚCI PSYCHIATRII

Zanim przejdę do prezentacji emergentnego ujęcia propozycji Kandela chciałbym powiedzieć kilka słów o problematycznej naukowości psychiatrii oraz o wadze jaką przywiązują teoretycy do poszukiwania ściśle naukowych podstaw tej nauki. Na problem naukowości psychiatrii wskazywał Kandel w swoich artykułach. W jego ujęciu, po okresie dominacji paradygmatu biologicznego związanego ze szkołą Kraepelina, do głosu doszła psychoanaliza oraz neopsychologia, czego wynikiem jest dryft psychiatrii od biologicznych jej źródeł ku nastawionej na spekulatywną praktykę psychoterapii. Wydaje mi się, że problem można rozłożyć na kilka zagadnień szczegółowych, które same w sobie stanowią wielkie problemy związane z naukowością i jej podstawami.

Przede wszystkim, kwestią problematyczną wydaje się być redukcjonizm biologiczny oraz ewentualny jego powrót. Ściśle unaukowanie psychiatrii w oparciu o nauki szczegółowe domaga się powrotu tego nurtu, ale z drugiej strony, nie może odbyć się to za cenę powrotu problemów które doprowadziły do rezygnacji z funkcjonowaniu w ramach tego paradygmatu (bezrefleksyjny redukcjonizm biologiczny, zastąpienie terapii inwazyjnymi zabiegami medycznymi czy problemy etycznego podejścia do chorych).

Drugim głównym problemem, jest dobrodziejstwo inwentarza jakie się przyjmuje, zwracając się ku psychoanalizie. Przyjmując że jednym z nadrzędnych celów filozoficznych jest zbudowanie odpowiedniej naturalizowanej teorii psychiatrii, zwrot psychoanalityczny jawi się jako działanie bez sensu. Wydaje mi się, że zwracając się ku psychoanalizie, dokonuje się przesunięcie paradygmatu którego wynikiem jest nastawienie na praktykę, raczej niż na teorię, czy unifikację. Z dwóch powodów zwrot ku praktyce z pominięciem nauk biologicznych jest błędem. Przede wszystkim, istnieją fenomeny psychiatryczne o dobrze ugruntowanym podłożu biologicznym które w ramach biologicznej psychiatrii leczone mogą być znacznie lepiej niż w ramach paradygmatu psycho-

analitycznego (powód farmakologiczny). Po drugie, ignorowanie nowoczesnych badań kognitywistycznych traktowane powinno być jako nieuzasadnione zaniedbanie. Spoglądając na psychoanalizę raz jeszcze, należy również wskazać że fundowanie psychiatrii na praktyce która sama nie posiada mocnych fundamentów z perspektywy metodologicznej uważać można za karkołomne.

Nawet gdy rozpatrujemy mocno pojmowaną psychiatrię (t.j. spoglądając na nią z perspektywy nauk ścisłych z metod i rezultatów których ona korzysta), status psychiatrii jako nauki wydaje się być kontrowersyjny, z uwagi na trudności z dopasowaniem klasycznej miary naukowej do psychiatrii. Jak wiemy, dyscyplina ta posiada nikłą zdolność eksplanacyjną i jako całość nie proponuje jednolitej wizji normatywnej swojej dziedziny, a raczej pluralizm obiektów (symptomów) i możliwych interpretacji. W literaturze proponowane jest podejście do psychiatrii jako do nauki w znaczeniu podobieństw rodzinnych Wittgensteina [Broome, 2009, s. 25]. Z uwagi na charakter tego artykułu, ograniczam się do sygnalizacji problemu.

5. MATERIALIZM NIEREDUKCJONISTYCZNY

Możliwe drogi. Jeżeli chcemy dokonać analizy koncepcji Kandela posługując się schematami i słownikiem materializmu nieredukcjonistycznego, do wyboru mamy trzy główne drogi.

Po pierwsze, program ten można analizować w ramach monizmu anomalnego D. Davidsona [Davidson, 1970]. Najważniejszym zadaniem stałoby się, odpowiednie określenie katalogu nomologicznych praw nieredukowalnych które wyznaczałyby nam granice anomalności oraz zdecydowanie się na przyjęcie odpowiednich konstrukcji podstawowych odpowiadających kategorii obiektów i zdarzeń w systemie Davidsona. Propozycja ta, mimo że interesująca ustąpić musi innej.

Po drugie, koncepcję Kandela możemy potraktować jako wariant teorii superwencji i dokonać analizy zgodnie z określonymi przez J. Kima zasadami [Kim, 2002]. Wydaje mi się, że o ile perspektywa zbadania programu Kandela w sposób mocno logiczny i formalny wygląda interesująco, to superwencja nie jest koncepcją która w sposób

bezpośredni może zostać wpasowana w ten program. Najsilniej manifestowało się to będzie, w zupełnie oderwanej od danych empirycznych próbie interpretacji transkrypcji genetycznej w charakterze relacji kowariancji i nałożonych na nią warunków możliwości światowych.

Po trzecie, pojawia się możliwość interpretacji przedstawionej ramy teoretycznej dla psychiatrii posługując się bazą pojęciową i koncepcjami związanymi ze słabszymi formami emergencji [Bremer, 2010]. Postaram się wykazać że słaba emergencja idealnie odpowiada intuicjom stojącym, w moim uznaniu, za programem Kandela i stanowi dobrą ramę filozoficzną do jego ramy teoretycznej dla psychiatrii.

Emergencja. Emergencja nie stanowi jednej spójnej teorii opisującej relację tego co mentalne do tego co fizyczne. Zamiast teorii holistycznej tego otrzymujemy dwa bloki konceptualne. Po pierwsze otrzymujemy blok który stanowią koncepcje emergencji związane z konkretnymi nazwiskami i zawierające własne przemyślenia poszczególnych filozofów (np. emergentyzm R. Sperry'ego). Po drugie, otrzymujemy blok stanowiący metodologię teorii opartych na pewnych zasadach których różne wariacje stanowią o emergentnym ich charakterze, do zasad tych zaliczyć możemy [Bremer, 2010, s. 177]:

1. Ontologiczny fizykalizm.
2. Istnienie własności emergentnych.
3. Nieredukowalność własności emergentnych.

W zależności od wyboru dodatkowych elementów teorie emergencji zbliżyć mogą się do systemów redukcjonistycznych lub nieredukcjonistycznych. W związku z tym, nie będę analizował teorii nastawionych na redukcjonizm, wspomniane zostanie tylko w jaki sposób zwykle są one otrzymywane.

Istnienie własności emergentnych oraz ich związek z podstawą (poziomem subwenującym) który wybieramy stanowi centralny element teorii emergencji. W ramach tych teorii możemy w sposób bezpośredni opowiedzieć się za perspektywą redukcjonistyczną lub niere-

dukcjonistyczną, tak jak to wspomniano powyżej. Z dyskusji dotyczącej programu Kandela, wiemy że interesującą nas perspektywą, będzie ta druga. Wydaje się że Kandel widzi miejsce dla nieredukowalnego materializmu w ramach swojego programu. Podstawową tezę dla obu wersji emergentyzmu będzie teza monizmu fizykalnego:

Teza 1. *To co istnieje składa się wyłącznie z części fizycznych. Właściwości, cechy, dyspozycje, zachowanie oraz struktury uznawane za emergentne są przykładami systemów składających się wyłącznie z części fizycznych [Stephan, 2002, s. 79].*

Aby otrzymać interesującą nas wersję emergencji, przyjąć należy tezę o istnieniu właściwości systemowych oraz tezę o nowości właściwości (czyli ewolucyjnego pojawiania się nowych właściwości i systemów). Na początku przyjąć należy jednak relację synchronicznej determinacji:

Teza 2. *Właściwości wewnętrzne systemu zależą nomologicznie od jego mikrostruktury tj. od właściwości części i ich wzajemnego położenia. Nie może być różnicy we własnościach synchronicznych bez różnicy we właściwościach części lub zmianie ich wzajemnego położenia [Stephan, 2002, s. 80].*

Emergentyzm takiej postaci (oparty na istnieniu właściwości systemowych i fizykalnym monizmie wraz z powyższą relacją) może zostać połączony z teoriami redukcjonistycznymi [Stephan, 2002, s. 81]. Nazywali będziemy go słabym emergentyzmem. Natomiast dołączając tezę o pojawianiu się nowości w systemie (o której wspomniano) oraz tezę o nieprzewidywalności:

Teza 3. *Powstawanie nowych struktur jest nieprzewidywalne z założenia, tak jak gdyby ich tworzenie się rządzone było prawami chaosu deterministycznego [Stephan, 2002, s. 84].*

otrzymujemy silniejszą wersję emergentyzmu.

Centralnym pojęciem dla emergentyzmu w wersji w której będzie on stosowalny do analizy systemu Kandela, będzie pojęcie nieredukowalności. Mówiąc o nieredukowalności, zazwyczaj rozumie

się przez to niemożliwość wydedukowania jej z ułożenia elementów systemu oraz ich właściwości [Stephan, 2002, s. 85]. Najprościej więc mówić o nieredukowalności logicznej, jak się wydaje. Wydaje się, że uzupełnić można te uwagi o konieczność przyjmowania nieredukowalności jako niemożliwości analizy struktury z punktu widzenia wyłącznie podstawy fizycznej lub części systemu wziętej samodzielnie [Stephan, 2002]. W drugim przypadku, w ujęciu Stephana pojawia się przyczynowanie ku dołowi (*downward causation*), które u Kandela również będzie wyróżnialne. Istotą przyczynowania ku dołowi jest uznanie że cecha emergentna wpływa na obiekt oraz na jego część, która wzięta samodzielnie nie może wyjaśnić tejże cechy. Problematiczna w takim ujęciu wydaje się konieczność utrzymania przyczynowości pojmowanej w sposób klasyczny w sferze fizycznej [Bremer, 2010]. Stephan w swoim artykule, na podstawie odróżnienia nieredukowalności w znaczeniu niemożliwości określenia sposobu w jaki własność emergentna zależy od konglomeratu elementów uznanych za podstawowe (nieanalizowalność) lub zależy od pewnej części systemu (rozumianej jak podstawa określonego zachowania się komponentu systemu) mówi o emergentyzmie synchronicznym i diachronicznym [Stephan, 2002, s. 89]. Istotnym jest zwrócenie uwagi że emergentyzm diachroniczny, który powstaje przez dołączenie do słabego emergentyzmu tezy o nowości, może służyć za podstawę teorii redukcjonistycznych. Dla rozważań o charakterze systemu Kandela pozostaje dostępny emergentyzm synchroniczny oraz mocny emergentyzm diachroniczny (emergentyzm diachroniczny z dołączoną tezą o nieredukowalności), które różnią się tylko sposobem wyjaśniania nieredukowalności, tak jak to zaznaczone zostało powyżej.

6. PRÓBA SYNTEZY

Próbę syntezy programu Kandela z pewną wersją teorii emergencji rozpocznę od przypomnienia i zestawienia hierarchicznej wizji „świata” którą odnaleźć można na kartach programu psychiatrii. Rzeczywistość składa się z dwóch głównych poziomów, które zbudowane są strukturalnie. Wyróżnić możemy poziom umysłowy oraz poziom

mózgowy (biologiczny). Poziom mózgowy dla Kandela stanowi hierarchicznie zbudowaną strukturę coraz bardziej skomplikowanych przekształceń podstawowego budulca jakim są białka DNA. Na poziomie podstawowym spotykamy się ze zmianami w samych białkach czego wynikiem są genetyczne zmiany wewnątrz neuronu. Posiadając „gotowy” neuron powstać mogą coraz bardziej skomplikowane układy neuronalne aż do złożonych obwodów neuronalnych. Obwody te, stanowią dla Kandela najbardziej złożoną strukturę w ramach poziomu mózgowego. Poziom umysłowy składa się z prostych stanów psychicznych oraz złożonych stanów psychicznych. Łącznikiem pomiędzy poziomem mózgowym i umysłowym jest poziom translacji pomiędzy złożonymi obwodami neuronalnymi a prostymi stanami psychologicznymi. W sposób przedstawiony zidentyfikował te elementy N. Ghaemi [Ghaemi et al., 2007, s. 22] twierdząc że schemat ten właściwy jest podejściu integracjonistycznemu w filozofii psychiatrii.

Schemat zaproponowany przez Ghaemiego, odpowiada na pytanie o podstawowe elementy struktury świata u Kandela, którymi są geny i białka. Pozostaje zadać istotne pytanie, czy Kandel mówiąc o podstawie genetycznej formułuje tezę o charakterze ontologicznym? Wydaje się, że odpowiedź jest negatywna. Przede wszystkim, nie posługuje się on nigdzie kategoriami ontologicznymi oraz nie stara się prowadzić metafizycznego dyskursu. Idąc dalej, warto zauważyć, że Kandel interesuje bardziej perspektywa filogenetyczna warunkowana zwrotnie niż perspektywa ontogenetyczna. W związku z tym, w ramach systemu Kandela, zawieszono są tezy o charakterze metafizycznym na rzecz systemu tez o charakterze genetycznym. Z drugiej strony, rezygnacja z tez o charakterze metafizycznym oddala problem ontologiczny związany z uzasadnieniem hierarchii stopni istnienia na który w systemach emergentnych się wskazuje [Bremer, 2010, s. 170].

W ramach schematu streszczonego powyżej, należy zadać pytanie o charakter relacji emergentne – funkcjonalne, w ramach dwóch poziomów przedstawionych przez Kandela. Problem wydaje się o tyle istotny, że pewne wersje emergentyzmu z bardzo silnie rozbudowanym wzajemnym warunkowaniem, mogą przypominać funkcjonalizm z silną tezą o przyporządkowaniu który jest stanowiskiem redukcjoni-

stycznym. Wydaje mi się, że brak ścisłego determinizmu w ramach zmiany fenotypu podczas interakcji ze środowiskiem, wprowadzając element chaotyczny do systemu Kandela, usuwa problem funkcjonalizmu. Nie mniej jednak, w ramach poziomów analizowanych w separacji możemy mówić o funkcjonalnym pojawianiu się właściwości czy struktur. Emergencja zachodzi przede wszystkim na poziomie translacyjnym, uzupełniając uwagi o nowości pojawiającej się w systemie, wydaje mi się że wzajemne oddziaływanie gen – środowisko – fenotyp – gen, odpowiada postulatam związanym z nieprzewidywalnością 3. Wpływ środowiska na kształtowanie się fenotypu, na to w jaki sposób wyraża się gen, nie może być opisane w sposób deterministyczny. Problem jednak pojawia się w momencie w którym chcielibyśmy poznać mechanizm w jaki zmiany te poprzez powrót do struktury genetycznej powodują zmiany w systemie neuronalnym w mózgu w kolejnych pokoleniach, zaletą tego problemu jest fakt że można go badać empirycznie.

Pokreślić należy również rolę przyczynowania ku dołowi, które rozpatrywane może być jako słabe, czyli nie prowadzące do trwałych re-konfiguracji elementów podstawowych systemu oraz silne, czyli prowadzące do takiej re-konfiguracji [Bremer, 2010, s. 176 i n.]. U Kandela, jako że postulowana jest możliwość zmian genetycznych (zmian sposobu wyrażania się) pochodzących od sposobu kształtowania się fenotypu, mówić powinniśmy o silnym przyczynowaniu ku dołowi. Problem który pojawia się przy włączeniu silnej tezy o przyczynowaniu ku dołowi dotyczy jądra teorii emergencji, jakim jest monizm fizyczny. Naturalnym pytaniem które zadać można w sytuacji gdy nieredukowalne cechy wpływają na swoją podstawę genetyczną jest: czy fizykalizm nie został zastąpiony jakimś wariantem dualizmu? Na to pytanie, w ramach systemu Kandela nie ma jasnej odpowiedzi. Wydaje się, że połączenie tego przyczynowania z wpływem środowiska (które również jest wytworem genetycznym), odsuwa nieco problem, za cenę jednak pewnego koła w wyjaśnianiu. Model wieloczynnikowego wpływu kilku płaszczyzn, może wydawać się chaotyczny oraz tworzyć może dodatkowe trudności.

Na koniec uwag dotyczących syntezy, można zadać pytanie, czy system Kandela może stanowić perspektywę szerszą niż perspektywa dla psychiatrii? Wydaje się, że wszędzie gdzie doszukujemy się podstawy biologicznej zachowania lub komponentu biologicznego w ramach fundamentów pewnego systemu wprowadzić możemy nieredukcjonistyczny materializm typu kandelowskiego, w części przedstawionej w niniejszej pracy (a więc bez rozważań dotyczących psychoanalizy).

7. ZAKOŃCZENIE

Jako zakończenie niniejszego artykułu, chciałbym udzielić odpowiedzi na centralne pytanie tej pracy: czy program Kandela stanowić może zadowalającą podstawę dla nowoczesnej psychiatrii?

Odpowiedź na to pytanie, rozłożona musi zostać na kilka części. Po pierwsze, należy powiedzieć, że pomimo kwestii dyskusyjnych, Kandel proponuje dość spójne i interesujące podejście do zagadnienia naukowych podstaw psychiatrii. System opiera się na zasadach biologicznych, jednocześnie dzięki wprowadzeniu własności emergentnych oraz przyczynowania ku dołowi, możliwe jest wprowadzenie elementów chaotycznych (czynników endogennych) do etiologii chorób psychicznych. Po drugie, wydaje się że połączenie całej koncepcji z psychoterapią oraz zbudowanie dla niej podstawy biologicznej, w perspektywie może dać spójną wizję psychiatrii jako dyscypliny teoretycznej i praktycznej. Aspekt biologicznych podstaw psychoterapii oraz precyzyjnych rozważań dotyczących praktyki, w ujęciu Kandela, nie był przeze mnie omawiany, można go odnaleźć w [Kandel, 1999]. Po trzecie, należy powiedzieć że wobec rozwoju neuronauk oraz perspektywy mnogości poziomów eksplanacyjnych jakie oferują te nauki, nie jest możliwe unaukowanie biologicznie nastawionej psychiatrii bez udziału tych nauk. Kandel pozostawiając schemat wielopoziomowy, umożliwia badanie własności systemowych oraz emergentnych w rozmaity sposób. Problematyka wyjaśniania w psychiatrii oraz meta-refleksja nad wyjaśnianiem w psychiatrii i jego relacja do wyjaśniania w neuronaukach, z uwagi na wprowadzający charakter tej

pracy, musiała zostać pominięta, w kwestii wyjaśniania w neuronaukach dobrym wprowadzeniem jest praca [Revonsuo, 2001] natomiast strukturę wyjaśniania w psychiatrii dobrze omawia się w [Kay, 2006] oraz w [Lopez-Ibor et al., 2002]. Ostatecznie, dzięki silnemu związaniu psychiatrii z biologią, odzyskana może zostać perspektywa naukowa dla tej dyscypliny.

LITERATURA

- [**Bremer, 2010**] Bremer, J. (2010). *Wprowadzenie do Filozofii Umysłu*. Wyd. WAM.
- [**Broome, 2009**] Broome, M., Bortolotti, L. (2009). *Psychiatry as cognitive neuroscience: philosophical perspectives*. OUP Oxford.
- [**Davidson, 1970**] Davidson, D. (1970). Mental Events. [w:] Foster, L., Swanson, J. W. (red.), *Experience and Theory*. Humanities Press.
- [**Ghaemi et al., 2007**] Ghaemi, S.N., McHugh, P.R. (2007). *The concepts of psychiatry: A pluralistic approach to the mind and mental illness.*, Johns Hopkins Univ. Press.
- [**Glas, 2002**] Glas, G. (2002) Churchland, Kandel and Dooyeweerd on the reducibility of mind states., *Philosophia Reformata*, 67, s. 148-172.
- [**Kandel, 2005**] Kandel, E.R. (2005) *Psychiatry, psychoanalysis, and the new biology of mind*. American Psychiatric Publications.
- [**Kandel et al., 2000**] Kandel, E., Schwartz, J., Jessell, T., et al. (2000). *Principles of neural science*, volume 4. McGraw-Hill New York.
- [**Kandel, 1999**] Kandel, E. (1999). Biology and the future of psychoanalysis: a new intellectual framework for psychiatry revisited. *American Journal of Psychiatry*, 156(4):505–524.
- [**Kandel et al., 1998**] Kandel, E. et al. (1998). A new intellectual framework for psychiatry. *American Journal of Psychiatry*, 155(4):457–469.

- [**Kay, 2006**] Kay, J. (2006). *Essentials of Psychiatry*. Wiley.
- [**Kim, 2002**] Kim, J. (2002). *Umysł w świecie fizycznym. Esej na temat problemu umysłu i ciała oraz przyczynowania mentalnego*. Wyd. IFiS Pan.
- [**Lopez-Ibor et al., 2002**] Lopez-Ibor, J. J., Gaebel, W., Maj, M., and Sartorius, N., (red.) (2002). *Psychiatry as a Neuroscience*. John Wiley and Sons, Ltd.
- [**Revonsuo, 2001**] Revonsuo, A. (2001). On the Nature of Explanation in the Neurosciences. [w:] Machamer, P.K., McLaughlin, P., Grush, R. (red.) *Theory and Method in the Neurosciences*. University of Pittsburgh Press.
- [**Stephan, 2002**] Stephan, A. (2002) Emergentism, irreducibility, and downward causation. *Grazer Philosophische Studien*, 65:77-93

SUMMARY

ERIC KANDEL'S INTELLECTUAL FRAMEWORK FOR PSYCHIATRY AND NON-REDUCTIVE MATERIALISM

In this article I analyze Eric Kandel's intellectual frameworks for psychiatry from the perspective of non-reductionist materialism. I briefly present Kandel's program and its main features and then, after introducing various types of non-reductionist materialism, I focus on incorporation the philosophical view into a purely scientific program. The main goal of this paper is to show that a philosophical component is necessary for holistic approaches to the philosophy of mind.

Genowefa ŚLÓSAREK
Zakład Biofizyki Molekularnej,
Wydział Fizyki, Uniwersytet Adama Mickiewicza, Poznań
leonardo@amu.edu.pl

WSPÓŁCZESNA REWOLUCJA NAUKOWA NA POGRANICZU FIZYKI I BIOLOGII

1. WPROWADZENIE – ZARYS NOWEGO PARADYGMATU

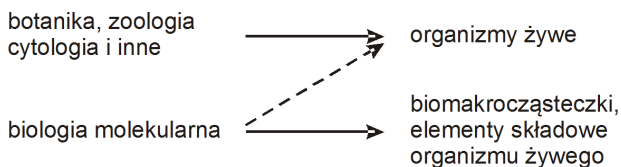
Według teorii rozwoju nauki zaproponowanej przez Thomasa Kuhna w historii nauk przyrodniczych występują dłuższe okresy, w trakcie których nauka rozwija się według pewnego paradygmatu¹. Po pewnym czasie ustalone reguły metodologiczne i istniejący obraz wszechświata ulega zachwianiu. Następuje przejście do nowego paradygmatu na drodze rewolucji naukowej. Nie jest to ujęcie pełne i pod wieloma względami było już wielokrotnie krytykowane². Zarzuca się Kuhnowi między innymi niejednoznaczność pojęcia „paradygmat” oraz fakt, że nie odnosi się ono do nauk przyrodniczych w całości, lecz jedynie do nauk szczegółowych, np. wyłącznie do astronomii w przypadku rewolucji kopernikańskiej. Mimo to, w zakresie rozważań proponowanym w tej pracy pojęcie paradygmatu wydaje się wystarczająco jednoznaczne i uzasadnione. Przedmiotem rozważań jest tu

¹T.S. Kuhn, *Struktura rewolucji naukowych*, tłum. S. Amsterdamski, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1968.

²S. Amsterdamski S, *Między doświadczeniem a metafizyką*, Książka i Wiedza, Warszawa 1973.

bowiem względnie wąska dziedzina – biofizyka. Praca ta jest próbą odpowiedzi na pytania jak wygląda współczesny obraz badań biofizycznych? Czy obserwowane dzisiaj zmiany na pograniczu biologii i fizyki można uznać za rodzaj rewolucji naukowej?

Od połowy XX wieku, wraz z wyodrębnieniem się biologii molekularnej, wprowadzony został do nauk biologicznych paradygmat oparty na redukcjonizmie fizycznym. Pewne wyobrażenie o tym okresie badań biologicznych daje schemat przedstawiony na rysunku 1. Można było wyróżnić dwa poziomy badań naukowych. Z jednej strony był to nurt badań systemowych, zajmujący się opisem zwierząt (zoologia) lub roślin (botanika). Równoległe i do pewnego stopnia niezależnie, rozwijała się natomiast biologia molekularna, dla której przedmiotem badań (w dużym uproszczeniu) jest zbiór makrocząsteczek biologicznych, ich struktura i funkcja biologiczna. Metoda analityczna Kartezjusza, leżąca u podstaw redukcjonizmu fizycznego, ujawniła się w tym przypadku nie tylko w założeniu, że badania organizmu żywego można sprowadzić, przez kolejne redukcje, do problemów poszczególnych organelli, potem kompleksów białkowych, a ostatecznie do analizy elementów składowych czyli makrocząsteczek biologicznych. Obowiązywało również twierdzenie, zgodnie z którym informacja o strukturze molekularnej pozwala wnioskować o funkcji biologicznej badanej makrocząsteczki oraz o roli jaką pełni ona w całym organizmie.



Rysunek 1: Schemat obrazujący kierunki i przedmiot badań w biologii w drugiej połowie XX wieku. Strzałką przerywaną oznaczono wnioskowanie o organizmie żywym oparte na redukcjonizmie fizycznym.

Na przełomie XX i XXI wieku nastąpiły jednak niezwykle istotne zmiany zarówno w fizyce, w szczególności w fizyce molekularnej, jak i w biologii. Pojawiły się dwie zupełnie nowe dziedziny badań – nanotechnologia i biologia systemowa. Obie wyrastają z pogranicza biologii

i fizyki, ale są od siebie zupełnie niezależne. Nanotechnologia stała się bardzo ważną dziedziną badań z zakresu fizyki molekularnej, fizyki fazy miękkiej i fizyki ciała stałego. Jest to dziedzina badań interdyscyplinarnych z pogranicza nauk podstawowych i technicznych. Biologia systemowa całkowicie przynależy do nauk biologicznych. Jest ona owocem współczesnej rewolucji naukowej w biologii. Nowy paradygmat, wyznaczający kierunek badań biologicznych, to nowe, holistyczne ujęcie opisu organizmu żywego. Trudno określić moment jego wprowadzenia, ale współcześnie jego rozwój zapoczątkowały prace w ramach najważniejszego programu badawczego realizowanego pod koniec XX wieku - projektu poznania genomu ludzkiego (ang. *Human Genome Project*)³. W celu możliwie szybkiej realizacji zaplanowanych badań wprowadzono tzw. techniki wysokoprzepustowe, które stały się (i są nadal) źródłem ogromnej ilości informacji. Aby tą wiedzę zamknąć w zwarte ramy, koniecznym stało się spojrzenie na komórkę żywą jak na jednolity układ fizyko-chemiczny o ogromnym stopniu złożoności, który można opisać i zrozumieć jedynie jako całość na podstawie modeli matematycznych i symulacji komputerowych, a więc metodą *in silico*. Ponieważ biologia molekularna stanowiąca punkt wyjścia dla nowej rewolucji naukowej została „stworzona” przez fizykę, zasadnym wydaje się pytanie o znaczenie fizyki, a w szczególności biofizyki, w tym nowym programie badawczym. Jak dzisiaj rozwija się nauka na pograniczu fizyki i biologii? Przedstawione dalej rozważania są próbą odpowiedzi na te pytania.

2. ROZWÓJ BIOFIZYKI I BIOLOGII MOLEKULARNEJ

Początki biofizyki i biologii molekularnej wyznaczają dwa momenty w historii rozwoju nauki, gdy fizyka z całym swoim warsztatem pojęciowym i doświadczalnym wkroczyła w zakres badań biologii⁴. Po raz pierwszy miało to miejsce z początkiem XVII wieku, gdy uka-

³Decyzję o podjęciu stosownych badań podjęto między innymi podczas konferencji naukowej, która odbyła się w 1986 roku w Santa Fe, w Kalifornii. Badania rozpoczęły się w 1990 roku.

⁴N. Westerhof, "A short history of physiology", *Acta Physiol.* **202**, 601-603 (2011).

zało się dzieło Williama Harvey'a *Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis in Animalibus* (1628) (*Ćwiczenia anatomiczne o ruchu serca i krwi u zwierząt*), poświęcone budowie i funkcjonowaniu układu krwionośnego. Autor zredukował ten układ do pompy (serce) tłoczącej ciecz (krew) w układzie rur – przewodów (naczynia krwionośne). Podobnie kilkadziesiąt lat później Giovanni Borelli w dziele *De Motu Animalium* (1680) (*O ruchu zwierząt*) opisał ruch zwierząt, zastępując współdziałające ze sobą mięśnie i kości układem mechanicznych dźwigni. Były to pierwsze dzieła całkowicie poświęcone fizjologii. Wcześniejsze badania z zakresu medycyny w znakomitej większości dotyczyły bowiem anatomii. Do ogromnych osiągnięć zalicza się także prowadzone przez dziesięć lat obserwacje Luigi Galvaniego dotyczące „elektryczności zwierzęcej”. Publikując swoje najważniejsze dzieło *De Viribus Electricitatis In Motu Musculari Commentarius* (1791) (*Komentarz o sile elektryczności w ruchu mięśni*), otworzył on nowy rozdział w badaniach medycznych – dał początek elektrofizjologii⁵.

„Udział” fizyki w rozwiązywaniu problemów biologicznych nasił się ponownie w pierwszej połowie XIX wieku⁶. Powstała wówczas niemiecka szkoła fizjologii utworzona głównie przez uczniów Johanesa Petera Müllera. Jej reprezentantami byli lekarze – fizjolodzy, a wśród nich Herman von Helmholtz, który dokonał pomiaru prędkości rozchodzenia się sygnału nerwowego, opracował teorię akomodacji oka i widzenia barwnego. Prowadził także badania w zakresie fizjologii zmysłu słuchu. Kolejnymi przedstawicielami tej grupy byli Emil DuBois-Reymond, który zajmował się zagadnieniami elektrofizjologii, oraz Ernst von Brücke, który analizował działanie mięśni gałki ocznej i prowadził badania porównawcze cytoplazmy komórek roślinnych i zwierzęcych. Nowatorskie na owe czasy podejście pojawiło się jako odpowiedź na rozwój idei witalistycznych. Wprowadzenie wyjaśnień fizycznych oraz rozbudowanie laboratorium biologicznego

⁵M. Piccolino, „Animal electricity and the birth of electrophysiology: the legacy of Luigi Galvani”, *Brain Res.Bull.* **46**, 381-407 (1998).

⁶E. Mayr, *To jest biologia. Nauka o świecieżywionym*, Wydawnictwo Prószyński i S-ka, Warszawa 2002.

przez umieszczenie w nim przyrządów fizycznych pozwoliło wykazać w pełni błędy witalizmu.

Dzisiaj można mówić o kilku istotnych kierunkach badań fizjologicznych. Kontynuacją badań w zakresie elektrofizjologii były prace Alana L. Hodgkina i Andrew F. Huxleya wyjaśniające mechanizm powstawania i przemieszczania się sygnału nerwowego⁷. Zastosowali oni technikę *voltage-clamp* do śledzenia przepływu jonów przez kanały białkowe w różnych fazach potencjału czynnościowego. Drugim istotnym kierunkiem badań było odkrycie i analiza mechanizmu skurczu włókna mięśniowego (np. mechanizm ślizgowy Hugh Huxleya⁸). Nie można też pominąć bardzo szerokiego obszaru badań, jakim była analiza fazy jasnej fotosyntezy. W szczególności na uwagę zasługują tu prace dotyczące mechanizmu przenoszenia elektronu i kumulacji energii chemicznej w cząsteczkach ATP (teoria chemiosmotyczną Petera Mitchella⁹; mechanizm działania syntazy ATP opisany przez Paula Boyera¹⁰). Wymienione tu zagadnienia uznaje się do dnia dzisiejszego za najważniejsze problemy współczesnej biofizyki molekularnej.

W roku 1865 Gregor Mendel opisał swoje obserwacje na temat dziedziczenia cech. Uważa się niekiedy¹¹, że był to moment odejścia biologii od fazy czysto opisowej. Cztery proste zasady sformułowane przez Mendla przyciągnęły do biologii wielu fizyków. Do grupy tej należał między innymi Max Dalbrück, który początkowo zajmował się astronomią i fizyką kwantową. Pod koniec lat 1930 zainteresował się jednak biologią i rozpoczął badania nad wirusami bakteryjnymi (bakteriofagami). Ze względu na trudną sytuację polityczną porzucił Niemcy i przeniósł się do Caltech (Pasadena, CA, USA), gdzie wspólnie z Emory L. Ellis opracował podstawowe procedury badawcze

⁷A.L. Hodgkin, A.F. Huxley, "A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve", *J. Physiol.* **117**, 500-544 (1952).

⁸H.E. Huxley, J. Hanson, "Changes in the cross-striations of muscle during contraction and stretch and their structural interpretation", *Nature* **173**, 973-976 (1954).

⁹P. Mitchell, "Coupling of phosphorylation to electron and hydrogen transfer by a chemi-osmotic type of mechanism", *Nature* **191**, 144-148 (1961).

¹⁰P.D. Boyer, W.E. Kohlbrenner, w: *Energy Coupling in Photosynthesis* (Selman B. & Selman-Reiner S. eds.) Elsevier/ North Holland, 231-240 (1981).

¹¹E. Kellenberger, "The evolution of molecular biology", *EMBO reports* **5**, 546-549 (2004).

w pracy nad bakteriofagami¹². Podobnie uczynił Jean J. Weigle, który porzucił posadę profesora fizyki eksperymentalnej w Genewie i podjął pracę w grupie Delbrücka.

W latach 30. XX wieku zanotowano silny rozwój chemii. Celem nadrzędnym była wówczas synteza nowych cząsteczek organicznych. Wśród makrocząsteczek biologicznych dużym zainteresowaniem cieszyły się enzymy. Szybko rosła biblioteka poznanych białek i reakcji przez nie katalizowanych. Zagadka zapisu informacji o strukturze i cechach organizmu żywego była jednak bardzo frapująca. Uznano że DNA, jako polimer zbudowany tylko z czterech monomerów, jest układem zbyt prostym dla tak złożonego zapisu i szukano odpowiedzi w strukturze białek (polimer o wyższym stopniu złożoności, zbudowany z dwudziestu różnych monomerów). Wbrew tym tezom Erwin Schrödinger zasugerował, że informacja o organizmie może być zapisana w sposób bardzo prosty, bez użycia dużej ilości znaków – „*Dobrze uporządkowany układ atomów, wystarczająco wytrzymały, by zachować to uporządkowanie, wydaje się jedyną dającą się pomyśleć materialną strukturą umożliwiającą przemiany izomeryczne, i to strukturą wystarczająco pojemną, aby w niewielkiej objętości zawierała skomplikowany system „determinacji”*. Liczba składających się na nią atomów nie musi być wcale duża, by istniały nieograniczone niemal możliwości ich rozmaitych uporządkowań”¹³. Przełom w badaniach przyniosły dopiero prace Oswalda Avery’ego¹⁴ oraz Alfreda Hershey’a i Marty Chase¹⁵, którzy wykazali zasadnicze znaczenie cząsteczki DNA w procesie dziedziczenia cech. Rozwiązanie przyniósł model cząsteczki

¹²E.L. Ellis, M. Delbrück, „The growth of bacteriophage”, *J.Gen.Physiol.* **22**, 365-384 (1939).

¹³E. Schrödinger, *What is life?* Cambridge University Press, Cambridge 1943; E. Schrödinger, *Czym jest życie?*, tłum. St. Amsterdamski, Wydawnictwo Prószyński i S-ka, Warszawa 1998, s. 76.

¹⁴O.T. Avery, C.M. MacLeod, M. McCarthy, „Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of *pneumococcal* types”, *J.Exp.Med.* **79**, 137-158 (1944).

¹⁵A.D. Hershey, M. Chase, „Independent functions of viral protein and nucleic acid in the growth of bacteriophage”, *J.Gen.Physiol.* **36**, 35-56 (1951).

DNA opracowany przez Jamesa Watsona i Francisa Cricka¹⁶. Jest to drugi moment, gdy fizyka wkroczyła w badania z zakresu biologii. Publikacja Watsona i Cricka otworzyła szeroką dyskusję na temat kodu genetycznego wśród wielu uczonych, w tym wśród fizyków teoretyków¹⁷. Kod genetyczny został ostatecznie odczytany na podstawie licznych eksperymentów biochemicznych prowadzonych w latach 1961 – 1966 przez grupę chemików skupionych wokół Marshalla Nirenberga¹⁸.

Na podstawie zbudowanego modelu F. Crick sformułował kilka lat później centralny dogmat biologii molekularnej¹⁹, który wskazywał na jedyny możliwy kierunek przepływu informacji w organizmie żywym:

$$\text{DNA} \rightarrow \text{RNA} \rightarrow \text{białko.}$$

Dość szybko dogmat ten został jednak istotnie zmodyfikowany, gdy odkryto mechanizm rozmnażania retrowirusów. Materiałem genetycznym retrowirusów jest bowiem RNA. Informacja zapisana w tych cząsteczkach jest „przepisywana” z RNA na DNA za pośrednictwem enzymu – odwrotnej transkryptazy²⁰. W nowej postaci centralny dogmat wskazywał na przepływ informacji –

$$\text{DNA} \leftrightarrow \text{RNA} \rightarrow \text{białko.}$$

Równie ważnym kierunkiem badań w początkowym okresie rozwoju biologii molekularnej była analiza strukturalna białek. Ten nowy rozdział zapoczątkowali fizycy po drugiej wojnie światowej. Otwiera

¹⁶J.D. Watson, F.H.C. Crick, "Molecular structure of nucleic acids: a structure for deoxyribose nucleic acid", *Nature* **171**, 737-738 (1953).

¹⁷Jednym z nich był znany fizyk George Gamow: "Possible relation between deoxyribonucleic acid and protein structure", *Nature* **173**, 318 (1954).

¹⁸M. Nirenberg, "Historical review: Deciphering the genetic code – a personal account", *Trends Biochem.Sci.* **29**, 46-54 (2004).

¹⁹F.H.C. Crick, w: *Symp.Soc.Exp.Biol. The Biological Replication of Macromolecules*, XII, 138 (1958).

²⁰D. Baltimore, "Viral RNA-dependent DNA Polymerase: RNA-dependent DNA Polymerase in Virions of RNA Tumour Viruses", *Nature* **226**, 1209-1211 (1970); H.M. Temin, S. Mizutani, "Viral RNA-dependent DNA Polymerase: RNA-dependent DNA Polymerase in Virions of Rous Sarcoma Virus", *Nature* **226**, 1211-1213 (1970).

go wspomniana wcześniej książka Erwina Schrödingera *Czym jest życie?* Po zrzuceniu bomb atomowych na miasta Japonii wielu fizyków, biorących udział w ich konstrukcji, porzuciło swoje dotychczasowe zainteresowania, a lektura tej niewielkiej publikacji skłoniła ich do zajęcia się fizyką organizmów żywych. Ogromne znaczenie zyskały badania strukturalne. Prace z zakresu krystalografii białek zapoczątkowane przez Johna D. Bernala w latach trzydziestych XX wieku, kontynuowano w laboratorium Williama L. Bragga w Cambridge. Największymi osiągnięciami tego okresu są prace Max Perutza i Johna Kendrew, którzy przeprowadzili pierwszą pełną analizę strukturalną kryształów hemoglobiny²¹ i mioglobiny²². Rozpoczęła się zupełnie nowa epoka w badaniach biologicznych. Analizowano strukturę kolejnych białek i fragmentów kwasów nukleinowych, by na podstawie uzyskanych informacji wnioskować o funkcji biologicznej makrocząsteczek i opisywać na poziomie molekularnym odpowiednie procesy fizjologiczne roślin i zwierząt. Poszukiwanie relacji struktura – funkcja stało się głównym motywem badań prowadzonych przy użyciu coraz bardziej rozbudowywanego warsztatu metod fizycznych.

2.1. METODY JEDNOCZĄSTECZKOWE

W krótkim czasie warsztat doświadczalny biologii molekularnej został bardzo rozbudowany. W szczególności wprowadzono do niego bardzo szeroki wachlarz metod spektroskopowych oraz rozbudowano przyrządy optyczne umożliwiające osiągnięcie coraz większej rozdzielczości. Przedmiotem analizy były nie tylko aspekty strukturalne (np. przemiany strukturalne i rozpoznawanie molekularne), ale także dynamika wewnętrzna makrocząsteczek biologicznych. Na podstawie uzyskiwanych wyników wnioskowano przede wszystkim o przebiegu reakcji chemicznych z udziałem makrocząsteczek.

²¹M.F. Perutz, M.G. Rossmann, A.F. Cullis, H. Muirhead, G. Will, A.C.T. North, "Structure of Haemoglobin: A Three — Dimensional Fourier Synthesis at 5.5 Å Resolution Obtained by X — Ray Analysis", *Nature* **185**, 416-422 (1960).

²²J.C. Kendrew, R.E. Dickerson, B.E. Strandberg, R.G. Hart, D.R. Davis, D.C. Phillips, V.C. Shore, "Structure of Myoglobin: A Three — Dimensional Fourier Synthesis at 2 Å", *Nature* **185**, 422-427 (1960).

Pierwsze badania dotyczyły emisji fluorescencji. W roku 1966 zespół Rudolfa Riglera skonstruował mikrospektrograf fluorescencyjny²³. Znalazł on zastosowanie w badaniach kwasów nukleinowych DNA i RNA. Kilka lat później Rigler zaproponował badania kinetyki reakcji chemicznej za pomocą fluorescencji. Skonstruował urządzenie rejestrujące zmianę światła fluorescencji po skoku temperatury (ang. *T jump studies*)²⁴. Analizowano układ powracający do stanu równowagi. Mechanizmem relaksacji było rozpraszanie nadmiaru energii termicznej.

Pod koniec lat 1960 pojawiła się myśl, by badać kinetykę reakcji chemicznej nie przez analizę relaksacji chemicznej lecz przez rejestrację fluktuacji²⁵ w układzie chemicznym. Wiadomo było bowiem, że fluktuacje termiczne pojedynczych cząsteczek oraz korelacje tych fluktuacji, niosą ze sobą tę samą ilość informacji, co sztuczne przesuwanie stanu równowagi i analiza procesów relaksacji. W ten sposób technika badawcza nazywana dziś spektroskopią korelacji fluorescencji (FCS) została opracowana na początku lat 1970 w dwóch ośrodkach naukowych – w USA²⁶ oraz w Szwecji²⁷. Spektroskopia FCS, po uzupełnieniu układu badawczego mikroskopem konfokalnym, otworzyła możliwość badania reakcji enzymatycznej z udziałem tylko jednej cząsteczki enzymu. Pierwsze prace w tej dziedzinie były zapowiedzią bardzo szybkiej i głębokiej przebudowy warsztatu doświadczalnego fizyki i przez to również biofizyki. Pojawiły się metody eksperymentalne umożliwiające badania dynamiki wewnętrznej pojedynczej cząsteczki oraz analizę jej oddziaływania z otoczeniem. Obecnie można wyróżnić trzy grupy doświadczeń: spektroskopię pojedynczej cząsteczki, me-

²³R. Rigler, "Fluorescence and single molecule analysis in the cell biology", *Biochem.Biophys.Res.Commun.* **396**, 170-175 (2010).

²⁴R. Rigler, R. Rabi, T. Jovin, "A temperature jump apparatus for fluorescence measurements", *Rev.Sci.Instrum.* **45**, 580 (1974).

²⁵Fluktuacje – przypadkowe odchylenia parametrów układu od ich wartości średniej.

²⁶D. Magde, E.L. Elson, W.W. Webb, "Thermodynamic fluctuation in a reacting system – measurement by fluorescence correlation spectroscopy", *Phys.Rev.Lett.* **29**, 705-711 (1972).

²⁷M. Ehrenberg, R. Rigler, "Rotational brownian motion and fluorescence intensity fluctuations", *Chem.Phys.* **4**, 390-401 (1974).

tody manipulacyjne oraz badania przewodnictwa jonowego błony komórkowej (Tabela 1).

| Doświadczenie | Rodzaj badań |
|---|--|
| Metody fluorescencyjne | |
| spektroskopia korelacji fluorescencji (FCS) | kinetyka reakcji enzymatycznej; procesy agregacji; oddziaływanie receptor – ligand; procesy denaturacji białek; analiza właściwości mikroreologicznych |
| FRET (ang. <i>Förster Resonance Energy Transfer</i>) | zmiany konformacyjne pojedynczej makrocząsteczki; procesy hydrolizy białek; procesy przyłączania ligandów |
| Metody manipulacyjne | |
| mikroskop sił atomowych (AFM) | mechaniczna denaturacja białek |
| pęsety optyczne (OT) i magnetyczne (MT) | dynamika motorów molekularnych; rozplatania podwójnej helisy DNA jako proces denaturacji lub jako wynik działania enzymów |
| Badanie przewodnictwa jonowego | |
| technika <i>patch-clamp</i> | przewodnictwo kanałów jonowych; analiza procesów endo- i egzocytozy |

Tabela 1: Metody badania pojedynczej cząsteczki

Nowe metody badawcze zupełnie zmieniły obszar zainteresowań biofizyków. Wszystkie wcześniejsze doświadczenia dotyczące właściwości makrocząsteczek były prowadzone na ogromnej grupie obiektów liczącej co najmniej 10^{20} elementów. Dane o parametrach molekularnych miały zatem zawsze postać wartości średniej. Nowe techniki umożliwiające badania pojedynczej cząsteczki dostarczają natomiast informacji o zakresie zmienności parametru oraz o prawdopodobień-

stwie, z jakim każda z wartości jest osiągnięta. W analizie zbioru makrocząsteczek ważne stały się takie pojęcia jak niejednorodność statyczna i niejednorodność dynamiczna²⁸. Niejednorodność statyczna dotyczy podziału ogromnego zbioru makrocząsteczek na podzbiory zawierające molekuły aktywne oraz te, które na przykład utraciły swoją aktywność w wyniku denaturacji lub agregacji. Można zatem wybrać do badań tylko te, które biorą udział w analizowanym procesie. Niejednorodność dynamiczna ujawnia się natomiast w zbiorach makrocząsteczek zaangażowanych w procesy wolne w stosunku do czasu potrzebnego na rejestrację sygnału w doświadczeniu. W szczególności, można wówczas obserwować procesy wieloetapowe, analizować stany pośrednie układów molekularnych wcześniej zupełnie niewidoczne w danych eksperymentalnych.

W badaniach prowadzonych za pomocą nowego warsztatu doświadczalnego zauważono, że procesy molekularne zachodzące w organizmie żywym mają charakter procesów losowych (stochastycznych). Widać to bardzo dobrze nie tylko na przykładzie reakcji enzymatycznych, ale również na przykładzie działania motorów molekularnych²⁹. Opis teoretyczny obserwowanych zjawisk jak do tej pory opiera się na znanej wcześniej teorii procesów stochastycznych. Warsztat metod teoretycznych ulegnie jednak prawdopodobnie znacznemu poszerzeniu. W ten sposób badania fizyczne biologicznych układów molekularnych stają się coraz bardziej polem analiz fizycznych, a nie biologicznych.

2.2. GENOMIKA, PROTEOMIKA I INNE

Mniej więcej w tym samym okresie otwierają się zupełnie nowe kierunki badań biologii molekularnej. Wspomniany na wstępie projekt poznania genomu ludzkiego otwiera nieoczekiwanie nowy nurt badań w biologii molekularnej. Wiele placówek naukowych na całym świecie

²⁸A.N. Kapanidis, T. Strick, "Biology, one molecule at a time", *TIBS* **34**, 234-243 (2009).

²⁹Motor molekularne (biologiczne) – makrocząsteczki zaangażowane w przetwarzanie energii chemicznej na mechaniczną.

cie podjęło pracę nie tylko nad badaniem struktury ludzkiego DNA, ale przede wszystkim nad opracowaniem odpowiednich, ulepszonych metod sekwencjonowania, które zapewniłyby sprawną realizację projektu. Prowadzono równoległe prace nad sekwencjonowaniem genomów myszy domowej (*Mus musculus*)³⁰ i muszki owocowej (*Drosophila melanogaster*)³¹ oraz bakterii (*Escherichia coli*)³². W kwietniu 2001 ogłoszono informację o odczytaniu sekwencji DNA człowieka³³. Owocem prowadzonych na szeroką skalę prac były ogromne bazy danych o strukturze DNA. Pojawiła się nowa gałąź badań, którą nazwano genomiką. Bardzo szybko zauważono jednak, że oprócz danych o genach należy też śledzić informacje o ich produktach (zajmuje się tym dział nauki — proteomika), o szlakach metabolicznych (metabolomika), o procesach transkrypcji sekwencji DNA (transkryptomika) itp.

Genomika jest obecnie jednym z działów genetyki. Stanowi również jeden z filarów bioinformatyki. Zakres problemów, jakimi zajmuje się ta dziedzina badań obejmuje sekwencjonowanie całych genomów poszczególnych organizmów, mapowanie genów oraz analizę oddziaływań pomiędzy genami (heterozja, plejotropia, epistaza). W efekcie intensywnego rozwoju badań w wymienionych obszarach wyłoniły się szczególne kierunki genomiki. Poznanie struktury pierwszorzędowej genów zostało zakwalifikowane jako genomika strukturalna. Oddziaływaniem między genami zajmuje się genomika funkcjonalna. Prowadzone badania dotyczą tak ważnych procesów jak transkrypcja, translacja i modyfikacje cząsteczek mRNA oraz białek. Genomika teoretyczna obejmuje poszukiwania ogólnych praw rządzących genami. Natomiast genomika porównawcza i genomika indywidualnych różnic

³⁰C.M. Wade, E.J. Kulbokas, A.W. Kirby, M.C. Zody, J.C. Mullikin, E.S. Lander, K. Lindbal-Toh, M.J. Daly, "The mosaic structure of variation in the laboratory mouse genome", *Nature* **420**, 574-578 (2002).

³¹M.D. Adams i in., "The genome sequence of *Drosophila melanogaster*", *Science* **287**, 2185-2195 (2000).

³²F.R. Blattner i in., "The complete genome sequence of *Escherichia coli* K-12", *Science* **277**, 1453-1462 (1997).

³³J.C. Venter i in., "The sequence of the human genome", *Science* **291**, 1304-1351 (2001).

obejmuje zagadnienia ewolucji genów oraz ich osobniczego zróżnicowania, także w obrębie jednego gatunku.

Istotniejsze stało się jednak dociekanie o strukturze białek zakodowanych w poszczególnych genach. Ogół białek syntetyzowanych i funkcjonujących w organizmie nazwano proteomem, natomiast dział nauki, jaki zajmuje się analizą proteomu, nazwano proteomiką. Pojęcie to zostało wprowadzone w 1997 roku przez analogię do określenia genomika. Obecnie nie jest ono zawężane jedynie do analizy proteomu, ale odnosi się również do badania form izomorficznych i modyfikowanych poszczególnych białek. Podobnie, jak w przypadku genomiki, wyróżnia się w ramach proteomiki szczegółowe kierunki badań: proteomikę strukturalną (badania struktury przestrzennej białek) oraz proteomikę kliniczną (analiza oddziaływania białek z potencjalnymi lekami oraz diagnostyka medyczna oparta na analizie składu białkowego komórek i tkanek).

Bardzo duże znaczenie wśród nowych dziedzin biologii mają metabolomika i metabonomika³⁴. Obie „posługują się” podobnym warsztatem doświadczalnym, na który składają się głównie chromatografia gazowa, spektrometria masowa oraz spektroskopia magnetycznego rezonansu jądrowego. Metabolomika zajmuje się analizą układów biologicznych przez charakterystykę i analizę ilościową wszystkich metabolitów znajdujących się w organizmie lub w jednej z tkanek. Celem badań w zakresie metabonomiki jest natomiast analiza całkowitej odpowiedzi organizmu (analiza zmian metabolizmu zachodzących w czasie w całym organizmie) na bodźce biologiczne lub zmiany genetyczne. W perspektywie ten kierunek badań (określany w literaturze angielskojęzycznej jako *metabolome-wide associated studies* – MWA) zmierza do określenia korelacji pomiędzy profilami metabolicznymi, a ryzykiem zachorowań poszczególnych organizmów i populacji.

Nowy paradygmat nie ominął też fizjologii. Trwają prace nad realizacją międzynarodowego projektu badawczego *Physiome Project*³⁵. Zmierzają one do konstrukcji modeli wzajemnie zależnych, dostarcza-

³⁴J.K. Nicholson, J.C. Lindon, "Metabonomics", *Nature* **455**, 1054-1056 (2008).

³⁵P.J. Hunter, P. Nielsen, "A strategy for integrative computational physiology", *Physiology* **20**, 316-325 (2005).

jących poprawnych rozwiązań na różnych poziomach złożoności, opisujących działanie niektórych organów (serce) lub układów (układ trawienny, układ mięśniowo-szkieletowy) w organizmie człowieka.

3. PONOWNE ROZDZIELENIE SIĘ FIZYKI I BIOLOGII

Opisane wyżej kierunki badawcze w bardzo istotny sposób przyczyniły się do rozwoju dwóch zupełnie odrębnych dziedzin nauki. W zakresie fizyki, dzięki wzbogaceniu warsztatu fizyki molekularnej o metody badania pojedynczych cząsteczek, doszło do szybkiego rozwoju nanotechnologii. Natomiast znaczny postęp w gromadzeniu ogromnych baz danych dotyczących między innymi genomu i proteomu otworzył nowe spojrzenie na holistyczny opis organizmów żywych – powstała biologia systemowa.

3.1. NANOTECHNOLOGIA

Nanotechnologia obejmuje badania podstawowe i prace zmierzające do rozwoju technologii materiałów na poziomie atomowym, molekularnym i makromolekularnym, w skali długości $1 \div 100$ nm (w skali „nano”)³⁶. Celem tych prac jest uzyskanie wiedzy o zjawiskach fizycznych i chemicznych zachodzących w takiej właśnie skali oraz rozpoznanie możliwości tworzenia nowych układów molekularnych przydatnych technicznie. W skali „nano” istotne stają się oddziaływania pomiędzy pojedynczymi atomami lub cząsteczkami prowadzące do zjawisk, które ogólnie można określić jako „funkcjonowanie”.

Nanotechnologia pojawiła się jako naturalna konsekwencja procesu miniaturyzacji, gdy urządzenia o rozmiarach milimetrów (np. lampy elektroniczne) zastąpiono układami o wymiarach rzędu mikrometrów (np. układy scalone). Konsekwencją realizacji takiego programu było zatem pojawienie się układów o rozmiarach nanometrów (np. kropki kwantowe). Można przyjąć, że nanotechnologia pojawiła się jako nowy, bardzo szeroki dział nauki w latach 80. XX wieku. W tym okre-

³⁶G.L. Hornyak, J. Dutta, H.F. Tibbals, A.K. Rao, *Introduction to nanoscience*, CRC Press, Taylor & Francis Group 2008.

sie bowiem powstały najważniejsze urządzenia warsztatu doświadczalnego nanotechnologii — skaningowy mikroskop tunelowy (1982) i mikroskop sił atomowych (1986)³⁷. Za początek nanotechnologii uważa się jednak datę 29 grudnia 1959 roku, gdy na spotkaniu członków Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego Richard Feynman wygłosił referat *There's Plenty of Room at the Bottom*³⁸ (*Tam na dole jest dużo miejsca*). Nawiązał w nim do ówczesnych pytań stawianych przed biologami i pokazał, że odpowiedzi na nie powinny stać się obszarem zainteresowania fizyków. Podstawową tezę swojego referatu wygłosił już na początku, mówiąc: „*To, co chciałbym omówić, to problem manipulowania i kontrolowania procesów w małej skali*”. Inspiracją do tych rozważań były dla Feynmana wyniki badań nad strukturą DNA oraz nad zapisem informacji genetycznej w tej makrocząsteczce. Zwracał w szczególności uwagę, iż „*biologia to nie tylko zapis informacji, to przede wszystkim działanie z tego zapisu wynikające. Układy biologiczne są niezmiernie małe. Wiele spośród komórek jest niezwykle drobnych, ale bardzo aktywnych – produkują najróżniejsze substancje, poruszają się w określonych kierunkach, robią wspaniałe rzeczy – a wszystko to w tak małej skali. Dodatkowo przechowują informację*”³⁹. Układy biologiczne były inspiracją także dla drugiego z prekursorów nanotechnologii – Erica Drexlera⁴⁰.

Wkrótce makrocząsteczki biologiczne stały się nie tylko pierwowzorem, ale też przedmiotem analizy w ramach nowej dziedziny. W pierwszej połowie lat 1980 rozwinął się nowy kierunek badań – nanotechnologia strukturalna DNA⁴¹. Początkowo próbowano konstruować dobrze zdefiniowane klatki molekularne o rozmiarach „nano”, w których można by było umocować inne cząsteczki i poddawać je

³⁷G. Binnig, C.F. Quate, Ch. Gerber, "Atomic Force Microscope", *Phys.Rev.Lett.* 56, 930-933 (1986).

³⁸R.P. Feynman, "There's Plenty of Room at the Bottom", *Caltech Eng.Sci.*, 23(5), 22-36 (1960).

³⁹Tłum. fragmentów – GŚ.

⁴⁰E. Regis, *Nano!* Little/Brown 1995; *Nanotechnologia*, tłum. M.Prywata, Wydawnictwo Prószyński i S-ka, Warszawa 2001.

⁴¹N.C. Seeman, "An overview of structural DNA nanotechnology", *Mol.Biotechnol.* 37, 246-257 (2007).

szczegółowej analizie, jak w strukturze krystalicznej. Konstruuje się także bardziej złożone układy dwu- i trójwymiarowe. Mają one zastosowanie w budowie procesorów opartych na DNA, wykorzystywanych do rozwiązywania niektórych zagadnień matematycznych. Struktury molekularne wykonane z fragmentów podwójnej helisy DNA mają również zastosowanie jako układy sensoryczne, w których wykorzystuje się przemiany strukturalne podwójnej helisy pod wpływem takich czynników jak temperatura czy wartość pH środowiska.

3.2. BIOLOGIA SYSTEMOWA

Czy biologia systemowa jest działem biologii, czy też fizyki? Czy może leży na pograniczu tych nauk? Biologia systemowa, która opiera się na możliwie najszerszej analizie komputerowej ogromnych baz danych o genomach, proteomach, itp., jest niewątpliwie działem biologii. Można ją zdefiniować jako naukę o funkcjonowaniu makrocząsteczek w układach systemowych⁴². Określa się niekiedy biologię systemową jako realizację marzenia Claude'a Bernarda o stworzeniu biologii matematycznej⁴³. Jest realizacją postulatu o wprowadzeniu matematyki do konstruowania teorii biologicznej.

Do grona prekursorów nowego paradygmatu zalicza się Claude'a Bernarda, Norberta Wienera i Erwina Schrödingera⁴⁴. Claude Bernard był jednym z największych fizjologów francuskich, pionierem współczesnej fizjologii eksperymentalnej. W swoich pracach opisywał między innymi funkcjonowanie trzustki oraz procesy przetwarzania glukozy w wątrobie. Zajmował się również zagadnieniami neurofizjologii i toksykologii. Był zdecydowanym przeciwnikiem witalizmu oraz redukcjonizmu chemicznego. Twierdził, iż cząsteczki chemiczne są

⁴²V. Saks, C. Monge, R. Guzun, "Philosophical basis and some historical aspects of systems biology: from Hegel to Noble – applications for bioenergetic research", *Int.J.Mol.Sci.* **10**, 1161-1192 (2009).

⁴³D. Noble, "Biophysics and systems biology", *Phil.Trans.R.Soc.* **A368** 1125-1139 (2010).

⁴⁴V. Saks, C. Monge, R. Guzun, "Philosophical basis and some historical aspects of systems biology: from Hegel to Noble – applications for bioenergetic research", *Int.J.Mol.Sci.* **10**, 1161-1192 (2009).

jedynie biernymi elementami procesów fizjologicznych w organizmie żywym⁴⁵. Za najważniejsze osiągnięcie Bernarda uważa się sformułowaną przez niego tezę o równowadze wewnętrznej organizmu (homeostazie). Według Bernarda stabilność środowiska wewnętrznego jest warunkiem swobodnego i niezależnego życia. Organizm osiąga stan homeostazy dzięki odpowiednio wykształconym systemom kontrolnym. Poszczególne cząsteczki chemiczne nie pełnią innej funkcji ani też nie posiadają innych właściwości niż te, które ujawniłyby się w układach nieożywionych. To raczej ich pełen *ensemble* jest zdolny do kontrolowania i stabilizacji środowiska wewnętrznego organizmu. Ze względu na takie poglądy zalicza się Bernarda do grona prekursorów podejścia holistycznego. Jednocześnie wiadomo, że Bernard starał się wprowadzić do opisu procesów fizjologicznych język matematyki. Uważał, że znalezienie opisu matematycznego dla zjawisk zachodzących w przyrodzie powinno być celem wszystkich nauk przyrodniczych, a zatem także biologii i medycyny. Z drugiej strony zdawał sobie jednak sprawę, że wprowadzenie matematyki musi być poprzedzone uzyskaniem wystarczająco obszernego zbioru faktów doświadczalnych.

Drugim, bardzo ważnym przyczynkiem do wykształcenia się nowego paradygmatu było powstanie nauki o sterowaniu – cybernetyki. Za twórcę cybernetyki uważa się amerykańskiego matematyka Norberta Wienera. Z wykształcenia filozof, podczas pobytu w Cambridge, pozostając pod wpływem Bertranda Russella i G.H.Hardy'ego, zaczął pogłębiać swoją wiedzę matematyczną⁴⁶. Szybko doszedł do wniosku, że matematyka nie może ignorować otaczającego ją świata innych dziedzin nauki i techniki. W opinii wielu największym osiągnięciem Wienera jest jego wkład w powstanie cybernetyki. Głównym przedmiotem rozważań było wówczas zjawisko sprzężenia zwrotnego w układach niestabilnych.

Wkład Erwina Schrödingera w rozwój biologii systemowej stanowi jego znane dzieło, wcześniej już cytowane, *Czym jest życie?*. Przedsta-

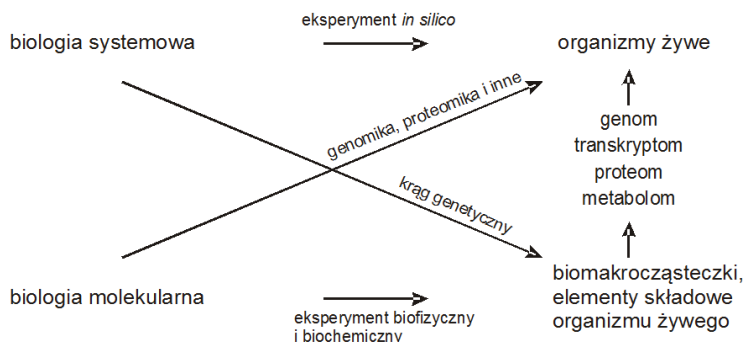
⁴⁵D. Noble, "Claude Bernard, the first systems biologist, and the future of physiology", *Exp. Physiol.* **93**, 16-26 (2008).

⁴⁶D. Jerison, D. Stroock, "Norbert Wiener", *Notices of the AMS* **42**, 430-438 (1995).

wia ono spojrzenie fizyka na organizm żywy. Oprócz rozważań dotyczących dziedziczności, Schrödinger opisuje organizm jako zbiór atomów i cząsteczek tworzących układ termodynamiczny. Jest to otwarty układ, pozostający w stałym kontakcie (polegającym na wymianie energii i materii) ze swoim otoczeniem. Dowolny, nieożywiony zbiór cząsteczek, jako układ termodynamiczny, zawsze jednak dąży do uzyskania stanu pełnej równowagi i w stosunkowo krótkim czasie zamierają wszelkie procesy w nim zachodzące. Organizm żywy zachowuje natomiast stan wysokiego uporządkowania⁴⁷ w aspekcie strukturalnym i funkcjonalnym dzięki procesom metabolizmu. Dzisiaj powiedzielibyśmy, że metabolizm zapewnia organizmowi stały dopływ energii umożliwiający zachowanie stanu dalekiego od równowagi.

Według ujęcia prezentowanego w pierwszej części pracy podejście holistyczne mieści się w schemacie przedstawionym na rysunku 2. Biologia systemowa jest tu przedstawiona jako ogólny zbiór teorii, twierdzeń i hipotez dostarczających wyjaśnień odnoszących się do organizmów żywych. Głównym narzędziem badawczym biologii systemowej jest eksperyment komputerowy. Pojawiają się zbiory pośrednie pomiędzy zbiorem biomakrocząsteczek a całym organizmem (np. genom, transkryptom, proteom). Biologia molekularna za pomocą eksperymentu biofizycznego i biochemicznego stara się nadal opisać elementy składowe organizmu. Sięga jednak wyżej, wykorzystując nowe podejście oparte na tzw. kręgach genetycznych. Przyjmuje się bowiem, że określone funkcje życiowe komórki mogą być postrzegane jako skoordynowane funkcje biologiczne produktów ekspresji określonej grupy genów. W biologii systemowej sięga się natomiast do poziomu molekularnego, by odnaleźć mechanizmy molekularne rządzące procesami biologicznymi na możliwie jak najwyższym poziomie złożoności organizmu. Rozwijane są w tym celu nowe kierunki badań, tzw. „omiki” (np. genomika, transkryptomika, proteomika).

⁴⁷W tym przypadku rozumiany jako stan daleki od równowagi.

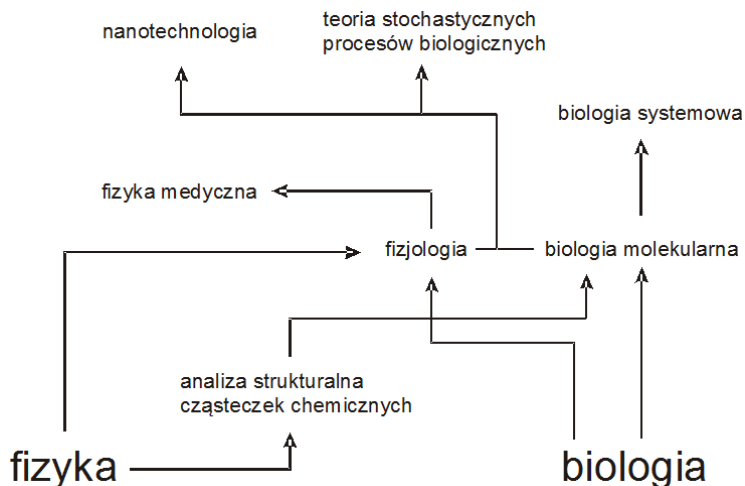


Rysunek 2: Schemat obrazujący kierunki i przedmiot badań w biologii po przyjęciu podejścia holistycznego.

4. PODSUMOWANIE

Konsekwencją powstania nowych dziedzin nauki – nanotechnologii i biologii systemowej – jest zupełnie nowy obraz pogranicza fizyki i biologii. Już nie można mówić o istnieniu jednej dziedziny nauki nazywanej do tej pory biofizyką. Skupiała ona wszystkie kierunki badań, w których przedmiotem analizy był organizm żywy lub tworzące go makrocząsteczki i metabolity, a podstawowym narzędziem badań – warsztat fizyki doświadczalnej. Doszło do ponownego rozdzielenia dziedzin fizyki i biologii. Ilustruje to schemat przedstawiony na rysunku 3. W zakresie badań fizycznych procesów fizjologicznych obserwuje się dwa kierunki badań. Szereg zagadnień fizjologii zyskało szczegółowe wyjaśnienia na poziomie molekularnym, które można też zaliczyć do osiągnięć biologii molekularnej. Pozostało jednak podejście szersze, obejmujące badania całych organizmów lub tylko poszczególnych organów. Ten kierunek nosi obecnie nazwę fizyki medycznej. Badania fizyczne, które stały się podstawą biologii molekularnej rozwinęły się obecnie daleko poza aspekt strukturalny i dały początek nowej dziedzinie – nanotechnologii. Rozwija się też teoria fizyczna, która ma wyjaśnić procesy molekularne zachodzące w organizmach żywych. Początek tych badań i ich najważniejszy kierunek to teoria układów pozostających w stanach dalekich od równowagi. Obecnie pracom tym

można chyba nadać ogólną nazwę teorii stochastycznych procesów biologicznych. W biologii, po trwającym około pół wieku okresie badań w zakresie biologii molekularnej, gdy dominował zaczerpnięty z fizyki paradygmat redukcjonistyczny, wykształciła nowe podejście holistyczne ogólnie nazywane biologią systemową.



Rysunek 3: Schemat obrazujący współczesne pogranicze fizyki i biologii.

SUMMARY

THE PRESENT SCIENTIFIC REVOLUTION ON THE BORDERLINE BETWEEN PHYSICS AND BIOLOGY

At the end of the 20th century, substantial changes in the paradigms of molecular physics and biology occurred. They have brought two new and entirely independent, fields of scientific research – nanotechnology and systems biology. Thanks to these disciplines, a new paradigm was born opening a new way of research in biology. It enables a holistic treatment of living organisms. As a consequence of these changes, an entirely new picture of the interface between physics and biology emerges.

Daniel CHLASTAWA
Instytut Filozofii UW

***CZY KONCEPTUALIZM JEST
WYSTARCZAJĄCĄ PODSTAWĄ DLA
ODRZUCENIA NIEKONSTRUKTYWNYCH
DOWODÓW ISTNIENIA W MATEMATYCE?***

Konstruktywizm matematyczny to stanowisko, zgodnie z którym obiekty badane przez matematykę (takie jak liczby, zbiory i funkcje) są tworamii uprawiającego matematykę umysłu, nie zaś bytami preegzystującymi w jakiejś platońskiej rzeczywistości. Pogląd taki *prima facie* wydaje się nader intuicyjny i zdroworozsądkowy. Jego specyfika i kontrowersyjność ujawnia się dopiero wtedy, gdy stanowi on punkt wyjścia dla wyciągania określonych wniosków metodologicznych dotyczących prawomocności sposobów rozumowania stosowanych w praktyce matematycznej. Konstruktywiści kwestionują – między innymi — dopuszczalność tzw. niekonstruktywnych dowodów twierdzeń egzystencjalnych, czyli takich dowodów, w których (w najprostszym przypadku) wykazuje się twierdzenie postaci $\exists xP(x)$, ale nie podaje się żadnego konkretnego przykładu przedmiotu rodzaju P ani też metody pozwalającej na znalezienie żadnego takiego przykładu. Niekonstruktywnym dowodem istnienia jest na przykład następujące rozumowanie dowodzące istnienia liczb przestępnych.¹ Zbiór liczb rzeczywistych jest nie-

¹Czyli liczb rzeczywistych nie będących pierwiastkami żadnego wielomianu o współczynnikach całkowitych (lub, równoważnie, wymiernych). Liczby rzeczywiste, dla których wielomian taki istnieje, nazywamy liczbami algebraicznymi.

przeliczalny, natomiast zbiór liczb algebraicznych jest przeliczalny, ponieważ przeliczalny jest zbiór wszystkich wielomianów o współczynnikach całkowitych. Zbiór liczb algebraicznych jest więc podzbiorem właściwym zbioru liczb rzeczywistych, wobec czego w tym ostatnim zbiorze muszą się znajdować jakieś liczby nie-algebraiczne, czyli przestępne. To dowodzi istnienia liczb przestępnych, jednak bez podawania żadnych przykładów takich liczb.² Konstruktywiści odrzucają dowody tego rodzaju, powołując się na swoją konceptualistyczną ontologię: przedmioty matematyczne są wytworami umysłu, nie można więc zasadnie mówić o ich istnieniu dopóty, dopóki nie zostaną one skonstruowane, czyli *explicite* wskazane. A skoro w dowodach niekonstruktywnych nie dokonuje się konstrukcji przedmiotów matematycznych, to dowodów takich nie można uznać za poprawne dowody istnienia tych przedmiotów. Celem niniejszego artykułu będzie uzasadnienie tezy, że argument ten, choć typowy,³ jest błędny, ponieważ opiera się na nieporozumieniu dotyczącym pojęcia istnienia. Pokażę również sposób, w jaki można zmodyfikować konstruktywizm, by dowody niekonstruktywne móc jednak odrzucić, oraz powód, dla którego modyfikacja ta, wiążąca się z przyjęciem niezwykle paradoksalnego stanowiska, nie jest czymś, na co warto się decydować.

1. DWA POJĘCIA ISTNIENIA

Gdy mówimy o istnieniu przedmiotów matematycznych (powiedzmy, liczb naturalnych), to możemy mieć na myśli dwie zupełnie odmienne rzeczy. Po pierwsze, możemy mieć na myśli „ontologiczne” pojęcie istnienia — istnienie liczb naturalnych *jako takich*, polegające na tym, że uzyskały one istnienie dzięki aktywności umysłu, że zostały skonstruowane przez umysł *jako* liczby naturalne.⁴ Po drugie,

²Skądinąd przykłady takie są znane – liczbami przestępnymi są między innymi π i e .

³Jest on tak bardzo obiegowy, że w pismach konstruktywistów trudno go znaleźć sformułowanego *explicite*, nie jest też jasne, kto jako pierwszy się nim posłużył – być może był to Leopold Kronecker.

⁴Tak to wygląda przy założeniach konceptualistycznych, ale ontologiczne pojęcie istnienia jest ogólne i niezależne od szczegółowych koncepcji tego, jak istnieją dane

możemy mieć na myśli „rodzajowe” pojęcie istnienia – istnienie liczb naturalnych *pewnego szczególnego rodzaju*, polegające na tym, że niektóre z owych skonstruowanych przez umysł liczb podpadają pod ten rodzaj. Twierdzenia egzystencjalne w matematyce to twierdzenia mówiące o istnieniu przedmiotów pewnego rodzaju, a więc twierdzenia, w których operuje się rodzajowym pojęciem istnienia. Jednakże aby mówić o dowodzeniu istnienia przedmiotów pewnego rodzaju, trzeba już założyć, że przedmioty te w ogóle istnieją, tzn. że istnieją jako takie, a nie jako egzemplarze pewnych ogólnych rodzajów. Aby w ogóle pracować w ramach jakiejś teorii matematycznej (a jedną z form takiej pracy jest poszukiwanie dowodów istnienia przedmiotów pewnego rodzaju), trzeba na wstępie określić uniwersum obiektów tej teorii, tzn. określić, co jest przedmiotem naszych rozważań w ramach tej teorii. Przykładowo, gdy pracujemy w teorii liczb naturalnych, to już na wstępie musimy skonstruować cały zbiór liczb naturalnych N , biorąc za punkt wyjścia liczę zero i przyjmując regułę następnika jako regułę generującą wszystkie pozostałe elementy tego zbioru. Jeśli następnie podajemy niekonstruktywny dowód istnienia liczb naturalnych pewnego rodzaju P i ktoś zgłosi zastrzeżenie, że dowód ten jest konstruktywistycznie błędny, bo liczby te trzeba dopiero skonstruować, to odpowiedź powinna być następująca: liczby te (wszystkie!) już zostały *skonstruowane* na samym początku wraz ze zbiorem N .⁵ Domaganie się konstruowania przykładów dla twierdzenia o istnieniu P -ów („bo liczby to twory umysłu”) to w istocie domaganie się, by liczby naturalne konstruować na nowo, jeszcze raz, by otwierać drzwi, które już zostały otwarte. Liczby te już zostały skonstruowane, a to, że nie jesteśmy (przynajmniej tymczasowo) w stanie podać przykładów dla twierdzenia o istnieniu jakichś P -ów, nie ma żadnego związku z ich statusem ontologicznym. Można się zgodzić, że liczby to twór umysłu, a nawet zgodzić się, że jest to twór, który znika, gdy przestajemy myśleć o ma-

przedmioty. Przy założeniach realistycznych mówiąc o istnieniu liczb naturalnych jako takich mielibyśmy na myśli ich istnienie jako pewnych pozaczasowych i idealnych bytów.

⁵Teza taka mogłaby z pewnych względów spotkać się z protestem ze strony konstruktywistów. Do argumentacji na rzecz słuszności tej tezy przejdę w kolejnej sekcji artykułu.

tematyce i idziemy pod prysznic. Nie ma to jednak żadnego związku z zagadnieniem poprawności dowodów niekonstruktywnych, ponieważ te twory umysłu już zostały przez nas ukonstytuowane na samym początku. Gdy w teorii przedmiotów matematycznych z dziedziny D dowodzimy istnienia przedmiotów podpadających pod rodzaj P , to przecież nie wprowadzamy do tej teorii jakichkolwiek *nowych* przedmiotów, lecz wskazujemy na to, że pojęcie P posiada wśród tych „starych” przedmiotów pewne egzemplifikacje. Egzemplifikacje te są konkretnymi, „starymi” przedmiotami, a jeśli nawet nie potrafimy wskazać, które to są przedmioty, to przecież jest to jedynie ograniczenie epistemologiczne, nie zaś fakt o znaczeniu metafizycznym.

Dla większej sugestywności rozważmy następujący eksperyment myślowy. Załóżmy, że udowodniliśmy niekonstruktywnie twierdzenie $\exists xA(x)$, a następnie – zgodnie z tradycyjnym konstruktywistycznym wymogiem – znaleźliśmy przykład dla tego twierdzenia w postaci, dajmy na to, liczby 137, dowodząc twierdzenia $A(137)$. Załóżmy następnie, że udowodniliśmy niekonstruktywnie twierdzenie $\exists xB(x)$, ku niezadowoleniu konstruktywisty: „nie możesz głosić istnienia żadnego przedmiotu, dopóki go nie skonstruujesz”. Po jakimś czasie stwierdziliśmy jednak, że przykładem dla tego twierdzenia również jest liczba 137, dowodząc twierdzenia $B(137)$. Pytanie brzmi: czy konstruktywista miał powód do niezadowolenia? Nie: przedmiot — mianowicie liczba 137 — już został skonstruowany⁶ poprzez dowód twierdzenia $A(137)$ i nie ma potrzeby, by konstruować go po raz kolejny. Niedorzeczny byłby wymóg, by *osobno* konstruować przedmiot x istniejący *jako* przedmiot typu P_1 i ten sam przedmiot x istniejący *jako* przedmiot typu P_2 , skoro jest to jeden i ten sam przedmiot. W czasie dzielącym niekonstruktywne udowodnienie twierdzenia $\exists xB(x)$ od udowodnienia twierdzenia $B(137)$ przedmiot – liczba 137 – był skonstruowany, ale

⁶W niniejszym artykule argumentuję na rzecz ogólnej tezy, że z konstruowaniem przedmiotów matematycznych mamy do czynienia w momencie określania dziedziny danej teorii matematycznej, nie zaś w momencie dowodzenia twierdzenia, że dany przedmiot posiada daną własność. Powyższy argument polega natomiast na wskazaniu, że konstruktywistyczny wymóg podania świadków dla twierdzeń egzystencjalnych jest nieuzasadniony nawet wtedy, gdy „konstruowanie przedmiotu” rozumie się w ten drugi sposób.

jeszcze nie wiedzieliśmy, że posiada on *również* cechę *B*. Konstruktywista bezpodstawnie oponował przeciwko dowodowi niekonstruktywnemu powołując się na konceptualizm, a skoro jest tak w przynajmniej jednym, opisanym tu przypadku, to pokazuje to przynajmniej tyle, że konceptualizm nie stanowi uniwersalnej i dostatecznej podstawy dla opozycji wobec dowodów niekonstruktywnych.

Dla uniknięcia nieporozumień chciałbym podkreślić, że mówiąc o ontologicznie (a nie rodzajowo) rozumianym istnieniu przedmiotów matematycznych nie mam na myśli tego, że pewne przedmioty matematyczne, np. liczba 137, posiadają *cechę* istnienia. Traktowanie istnienia jako cechy (a w każdym razie cechy nietrywialnej, czyli takiej, że nie wszystkie przedmioty ją posiadają) jest dość powszechnie uznawane za niewłaściwe, moim zdaniem słusznie – w przeciwnym bowiem razie za cechę musielibyśmy uznać także *nieistnienie*, a to uwikłałoby nas we wszystkie problemy niebytu, jakie trafiły już Platona w *Teajecie* i jakie towarzyszą koncepcjom tzw. przedmiotów nieistniejących, na przykład teorii Meinonga i pokrewnym. Dla konstruktysty konstrukcja liczby 137 nie polega na tym, że liczbie tej nadaje się cechę istnienia, gdyż inaczej należałoby uznać, że liczba 137 już była czymś przed dokonaniem konstrukcji, mianowicie pewnym przedmiotem nieistniejącym, a z konstruktystycznego punktu widzenia pogląd taki wygląda w istocie na platonizm w owczej skórze. Ale odłóżmy na bok spory wokół meinongowskich koncepcji matematyki. Gdy mowa o ontologicznie rozumianym (nie)istnieniu liczby 137, czyli (nie)istnieniu liczby 137 jako takiej, to chodzi po prostu o to, że (nie) istnieje przedmiot, który posiada wszystkie cechy liczby 137, czyli, inaczej mówiąc, (nie) istnieje przedmiot, który stanowi egzemplifikację *indywidualnego pojęcia* liczby 137. Indywidualne pojęcie można rozumieć jako taki zbiór cech, który z konieczności ma co najwyżej jedną egzemplifikację.⁷ Przykładowo, do indywidualnego pojęcia liczby 137 wchodzi takie cechy, jak dodatniość, wymierność, całkowitość, bycie większą od

⁷„Pojęcie indywidualne” to coś słabszego od „pojęcia zupełnego”, czyli takiego pojęcia, które zawiera każdą cechę albo jej negację, tzn. jest maksymalnym niesprzecznym zbiorem cech. Każde pojęcie zupełne jest też pojęciem indywidualnym, ale nie na odwrót.

100, posiadanie w swoim zapisie cyfr o sumie 11, bycie jedynym dodatnim pierwiastkiem wielomianu $x^2 - 18769$ itd.⁸ Mówiąc o tym, że istnieje liczba 137, mam na myśli to, że w świecie (najszerzej rozumianym, obejmującym również wnętrza umysłów) istnieje taki byt, który posiada – między innymi – wszystkie cechy wymienione powyżej. Jeśli zwrócimy uwagę na fakt, że zdania stwierdzające istnienie rozumiane rodzajowo wyrażają istnienie egzemplifikacji pewnych pojęć (czyli dowolnych zbiorów cech), to dostrzeżemy, że *wszelkie* zdania stwierdzające istnienie posiadają jednolitą formę logiczną – wyrażają posiadanie egzemplifikacji przez pewne pojęcia. Pojęcie istnienia jako takie nie jest więc dwuznaczne, jest jednoznaczne, może natomiast funkcjonować w inny sposób w zależności od kontekstu pragmatycznego, czyli tego, czy do problemu istnienia podchodzimy od strony naukowej, czy filozoficznej. Gdy w ramach pewnej teorii matematycznej (np. teorii liczb naturalnych) pytamy o istnienie przedmiotów pewnego szczególnego rodzaju (np. liczb doskonałych⁹), to mamy do czynienia z realnym, merytorycznym problemem naukowym, nie zaś zagadnieniem filozoficznym. Jeśli z kolei w ramach teorii liczb naturalnych pytamy o to, czy istnieją liczby naturalne, to nie mamy do czynienia z problemem merytorycznym, gdyż byłby on trywialny: tak, liczby naturalne istnieją, bo ich istnienie z góry zakładamy. Pytanie o ich istnienie może być nietrywialne tylko wtedy, gdy rozumiemy je filozoficznie, tzn. gdy zastanawiamy się, czy liczby naturalne istnieją jako byty w świecie (choćby miał to być „świat” czyjegoś umysłu), a nie czysto formalne elementy pewnej teorii naukowej. Zarówno w pytaniach merytorycznych, jak i filozoficznych istnienie rozumiemy tak samo – jako posiadanie egzemplifikacji przez pewne pojęcia. Różnica tych pytań polega na tym, że przedmioty egzemplifikujące te pojęcia traktujemy raz jako formalne konstrukty, a raz jako realne byty. Rodzajowe pojęcie istnienia wiąże się z merytorycznymi problemami matematycznymi, zaś pojęcie

⁸Zauważmy, że jednoelementowy zbiór zawierający tę ostatnią cechę jest już indywidualnym pojęciem liczby 137. Z cechy tej wynikają wszystkie inne cechy liczby 137.

⁹Tzn. liczb będących sumą wszystkich swoich dzielników właściwych, czyli mniejszych od tej liczby.

ontologiczne dotyczy filozoficznego pytania o sam status ontologiczny bytów nauki, jaką jest matematyka.

2. KONSTRUOWANIE DZIEDZINY OBIEKTÓW

Być może konstruktywista mógłby odpowiedzieć, że teza, iż na wstępie musimy skonstruować całe uniwersum danej teorii matematycznej jest tezą z góry przemycającą realizm, i można ją odrzucić na rzecz słabszego i bardziej wiarygodnego poglądu, że uniwersum to ulega stopniowej konstrukcji w ramach pracy nad teorią, że rozrasta się w czasie. Jednakże w takiej sytuacji w ogóle nie wiedzielibyśmy, o czym w teorii jest mowa, nie wiedzielibyśmy, jakie obiekty są w teorii dopuszczalne, a jakie nie są. Co na przykład zabroniłoby nam, by uniwersum teorii liczb naturalnych powiększyć o jakieś (nie będące liczbami naturalnymi) liczby wymierne czy rzeczywiste? Muszą istnieć jakieś wstępne ograniczenia na kierunki, w jakich uniwersum faktycznie pomyślnych bytów matematycznych miałyby się rozrastać, ale ograniczenia te nie są niczym innym, niż właśnie określeniem na samym początku ogółu wszystkich obiektów rozważanych w teorii. W każdej dostatecznie dobrze określonej działalności matematycznej z góry wiemy, o jakich rzeczach mówimy, to jednak wymaga odgórnego określenia, jakie to są rzeczy. Bez tego bylibyśmy pogrążeni we mgle. Co więcej, gdy konstruujemy przedmioty pewnej teorii, to tym samym konstruujemy przedmioty spełniające (lub niespełniające) *wszystkie* warunki, jakie tylko można sensownie w tej teorii sformułować. Gdy dowodzimy niekonstruktywnie, że istnieją egzemplifikacje jakiegoś rodzaju P , to nie konstruujemy tych egzemplifikacji – one już zostały skonstruowane na początku, tyle że *niejawnie*, nie wiedzieliśmy bowiem, że ten czy inny przedmiot jest taką egzemplifikacją. Teraz *dowiadujemy się* tylko, że wśród tych przedmiotów takie egzemplifikacje faktycznie się znajdują. Dowód posiadania pewnej własności przez pewien już skonstruowany przedmiot to nie jego ponowna konstrukcja ani konstrukcja „uzupełniająca”, lecz ujawnienie czegoś, co przedmiot ten już

posiadał w momencie konstrukcji.¹⁰ Formalne dowodzenie istnienia przedmiotów matematycznych określonego rodzaju to nie „natykanie się” na byty istniejące w świecie, lecz wyciąganie logicznych wniosków z tego, co się zakłada. Dowodzenie formalne to rutynowa procedura, jaką się wykonuje na etapie „nauki normalnej”, czyli w takiej sytuacji, gdy dana dziedzina matematyczna jest wyraźnie określona. Istnieje bowiem sens, w którym można powiedzieć, że matematycy w swojej pracy natykają się na jakieś „byty w świecie”, np. pitagorejczycy odkrywający – ku swemu zdumieniu, a nawet zgorzeniu – istnienie liczb niewymiernych. Takie przypadki mają jednak zupełnie inny status metodologiczny: są to sytuacje, w których dochodzi do konstrukcji zupełnie nowej dziedziny przedmiotowej (w przypadku pitagorejczyków – dziedziny liczb rzeczywistych), wykraczającej poza dziedzinę dotychczasową (dziedzinę liczb wymiernych). Następuje rozsadzenie starych, niewystarczających ram pojęciowych przez nowe potrzeby płynące ze źródeł pozaformalnych, jakimi są praktyka i intuicje. Wówczas nie ma jednak mowy o *dowodzeniu* istnienia tych nowych przedmiotów, ponieważ ich istnienie jest przedmiotem pewnego postulatu.

Można by jednak zarzucić, że konstruowanie obiektów z ich wszystkimi cechami w ramach konstrukcji jakiejś dziedziny matematycznej wydaje się niemożliwe, skoro cech tych jest nieskończenie wiele. Co więcej, niektóre z tych cech dopiero odkrywamy, nieraz z zaskoczeniem, co byłoby niemożliwe, gdybyśmy wszystkie te cechy już na samym początku do nich włożyli. Ale nie jest prawdą, że konstrukcja przedmiotów wiąże się z „nadaniem” przez nas tym przedmiotom wszystkich ich cech, jeśli przez „nadanie” rozumieć pewien świadomy akt. Przykładowo, konstrukcja liczb naturalnych polega na tym, że przypisujemy liczbom jedynie cechę bycia którymś z kolei następnikiem liczby zero oraz te cechy, które figurują w aksjomatach Peano.

¹⁰Oczywiście konstrukcją nie jest samo wyliczenie przedmiotów, lecz wyliczenie połączone z podaniem (choćby *implicite*) warunków spełnianych przez te przedmioty. Konstrukcja liczb naturalnych to nie po prostu konstrukcja zbioru niezinterpretowanych symboli, lecz zbioru symboli, którymi rządzą pewne prawa, choćby niesformułowane *explicite* i funkcjonujące czysto intuicyjnie. To nie ma jednak wpływu na moje rozważania, gdyż wszystko to dokonuje się przed wszelkimi operacjami dowodzenia własności tych konstrukcji.

Mamy tu do czynienia z dwuznacznością „przypisywania”: przypisywaniem *explicite* i przypisywaniem *implicite*. Dokonując konstrukcji pewnych obiektów przypisujemy im *explicite* jedynie niewiele cech, ale zarazem *implicite* przypisujemy im nieskończenie wiele cech, mianowicie wszystkie te, które wynikają z aksjomatów, jakie założyliśmy w odniesieniu do tych przedmiotów. Gdybyśmy nie przypisali im *implicite* wszystkich ich cech, to nie byłoby prawdą, że *odkryliśmy* pewne cechy tych przedmiotów – cechy te nie mogły się wziąć znikąd, a więc gdyby nie istniały one w przedmiotach od samego początku, to nie mielibyśmy do czynienia z odkryciem, lecz z fantazjowaniem (do napięcia między odkrywaniem a fantazjowaniem jeszcze wrócę). Odkrycie nie polega na „wytworzeniu” nowych cech przedmiotów, lecz na uświadomieniu sobie (popartym, rzecz jasna, stosownym uzasadnieniem), że cechy te od początku istniały w tych przedmiotach na mocy aksjomatów.

Należy powiedzieć jasno: konceptualistyczna ontologia, leżąca u podstaw konstruktywizmu, jest niewystarczającym powodem do odrzucenia poprawności tzw. niekonstruktywnych dowodów istnienia. Warto zauważyć, że z konceptualistycznie motywowanej krytyki dowodów niekonstruktywnych wyrosła logika intuicjonistyczna, więc skoro krytyka ta jest bezpodstawną, to całą logikę intuicjonistyczną można by postawić pod znakiem zapytania. Byłby to jednak zbyt daleko idący wniosek, ponieważ logika intuicjonistyczna posiada obecnie wystarczającą legitymizację, niezależną od konstruktywistycznej ontologii matematyki, np. w postaci zastosowań informatycznych tej logiki. Na miejscu pozostaje jedynie uwaga o znaczeniu historycznym, że logika intuicjonistyczna może być kolejnym, obok logiki modalnej i trójwartościowej,¹¹ przykładem logiki „poczętej w grzechu”, czyli takiej, która zrodziła się wskutek pewnego błędu, ale jej dalsze losy sprawiły, że uzyskała samodzielną wartość. Można być konstruktywistą – nawet radykalnym¹² – i zarazem akceptować dowody niekonstruktywne. Kon-

¹¹O tym, dlaczego logikę trójwartościową Łukasiewicza należy uznać za „poczętą w grzechu”, piszę w pracy Chlastawa 2011.

¹²Czyli takim, który sądzi, że obiekty matematyczne istnieją *tylko* wtedy, gdy ktoś aktualnie powołuje je do życia aktem swojego świadomego myślenia.

struktywizm będzie się wówczas wyrażał w tezie, że przedmioty matematyczne nie istnieją, dopóki nie poda się konstrukcji ustanawiającej całą dziedzinę teorii matematycznej dotyczącej tych przedmiotów.

3. AKTUALIZM JAKO „OSTATNIA DESKA RATUNKU” PRZED DOWODAMI NIEKONSTRUKTYWNYMI

Czy oznacza to, że konstruktywista jest zmuszony do powściągnięcia swojej niechęci wobec dowodów niekonstruktywnych? Niekoniecznie. Można uczynić zadość intuicjom podpowiadającym wtórność matematyki względem ludzkiej myśli, przyjmując tezę bardziej radykalną od tezy konstruktywizmu *ontologicznego*, głoszącego pochodność obiektów matematycznych względem umysłu. Tezą tą jest konstruktywizm *semantyczny*, dotyczący już nie obiektów matematycznych, lecz prawdy matematycznej. W myśl tego stanowiska, prawdziwość zdań matematycznych jest zależna od tego, czy prawdziwość tę *faktycznie* rozpoznajemy, a przynajmniej od tego, czy jesteśmy *zasadniczo zdolni* do jej rozpoznania. Stanowisko to przyjmuje więc dwie wersje – mocniejszą i słabszą. Ich różnicy świadomi są autorzy zajmujący się konstruktywizmem. Jak pisze niedawno zmarły brytyjski filozof Michael Dummett,

„nasze zdania są prawdziwe tylko wtedy, gdy stwierdziliśmy, że są takie, to znaczy – w odniesieniu do zdań matematycznych – gdy je udowodniliśmy, lub przynajmniej gdy dysponujemy efektywną metodą uzyskiwania ich dowodu” (Dummett 1977, s. 375).

Analogiczną uwagę formułuje Crispin Wright:

„Dla intuicjonisty prawdziwość zdania matematycznego może polegać jedynie na tym, że istnieje dla niego dowód lub, w bardziej radykalnej wersji, na tym, że rzeczywiście dysponujemy jego dowodem” (Wright 1995, s. 304).

Wśród przedstawicieli konstruktywizmu można znaleźć takich, którzy wydają się skłaniać ku konstruktywizmowi semantycznemu w wer-

sji mocnej (który można nazwać aktualizmem, głosi on bowiem, że prawdą jest to, co aktualnie dowiedzione). Przykładowo, Arend Heyting na pytanie „czy pewna liczba posiada pewną własność, zanim zostanie to wykazane?” odpowiada następująco: każde zdanie matematyczne zdaje sprawę z faktu, że *dokonano* pewnej konstrukcji myślowej, więc dopóki konstrukcja taka nie zostanie wykonana, dopóty nie można powiedzieć, by coś o tej liczbie było udowodnione. Odpowiedź taka jest oczywiście niesatysfakcjonująca z realistycznego punktu widzenia, ale Heyting mówi, że aby w pełni wyjaśnić sens postawionego pytania należałoby odwołać się do metafizycznego świata bytów matematycznych istniejących niezależnie od naszej wiedzy (Heyting 1956, s. 3), a na to nie ma zgody, gdyż Heyting domaga się uprawiania matematyki „czystej”, całkowicie uwolnionej od metafizyki. Dummett początkowo odrzucał aktualizm, uważając zrównanie prawdziwości z faktycznym dowiedzeniem za pogląd skrajny, którego wcale nie trzeba akceptować, aby dochować wierności innym zasadom intuicjonistycznym. Za zaletę odrzucenia aktualizmu uważał również to, że pozwala ono oddać sprawiedliwość powszechnej intuicji, że zdania matematyczne są prawdami wiecznymi (Dummett 1977, s. 18-19). Później Dummett zajął jednak stanowisko aktualistyczne, uznając, że prawda matematyczna jest – posłużmy się tu terminologią Jana Łukasiewicza – wieczna, ale nie odwieczna. Prawda matematyczna jest niezmienna, ale tylko w tym sensie, że jeśli udowodniono pewne twierdzenie, to jego prawdziwość nie może już ulec zmianie. Jednakże, jak pisze Dummett,

„nie wynika z tego to, że takie twierdzenie posiada tę wartość logiczną od zawsze, ani też to, że rozpoznanie przez nas wartości logicznej owego twierdzenia nie ma żadnego wpływu na posiadanie przez niego tej wartości” (Dummett 1998, s. 16).

Choć przyznaje, że poznanie matematyczne nie jest arbitralne i odnosi się do jakiejś matematycznej rzeczywistości, to dodaje zarazem:

„nie powinno się na tej podstawie sądzić, że rzeczywistość ta odwiecznie posiadała te cechy zanim je sobie uświadomiliśmy. Powinniśmy je raczej pojmować jako cechy,

które zaistniały wraz z ich odkryciem; przed tym odkryciem rzeczywistość matematyczna była pod tym względem po prostu nieokreślona” (ibidem, s. 16).

Czy różnica tych dwóch wersji konstruktywizmu semantycznego ma jakieś implikacje dla zagadnienia dowodów niekonstruktywnych? Konstruktywizm semantyczny w słabszej wersji nie wydaje się radykalizować konstruktywizmu ontologicznego w istotny sposób. Konstruktywista ontologiczny jest bowiem także konstruktywistą semantycznym w tym oczywistym sensie, że odmawia zdaniom o obiektach matematycznych posiadania wartości logicznej, dopóki obiekty te nie zostaną przez umysł skonstruowane. Może jednak przyjmować, że wraz z wyczerpującym skonstruowaniem obiektów matematycznych wszystkie zdania dotyczące tych obiektów są obiektywnie prawdziwe lub obiektywnie fałszywe, niezależnie od tego, czy znamy obiektywne wartości logiczne tych zdań i czy w danej chwili jesteśmy w dostatecznym dogodnym położeniu, by te wartości móc uchwycić.¹³ A skoro tak, to słaby konstruktywizm semantyczny również jest do pogodzenia z akceptacją dowodów niekonstruktywnych. Jak wygląda sprawa aktualizmu? Na pierwszy rzut oka mogłoby się wydawać, że on również niczego nie zmienia w rozważanej sprawie: można by przyjąć, że w chwili, gdy przedstawiamy niekonstruktywny dowód twierdzenia egzystencjalnego, twierdzenie to uzyskuje – właśnie dzięki podaniu tego dowodu – prawdziwość, a więc aktualizm to za mało, by odrzucić dowody niekonstruktywne. Zwróćmy jednak uwagę na fakt, że przedstawiając dowód niekonstruktywny dla zdania postaci $\exists x \in D P(x)$ nie przedstawiamy dowodu żadnego zdania postaci $P(a)$, gdzie $a \in D$, wobec czego, w myśl aktualizmu, *żadne* takie zdanie nie jest prawdziwe (w aktualistycznym sensie słowa „prawda”), a skoro tak, to nie będzie również (aktualistycznie) prawdziwe zdanie $\exists x \in D P(x)$. Inaczej mówiąc, z aktualistycznego punktu widzenia konkretne przedmioty nie posiadają pewnych cech, dopóki o tych konkretnych przedmiotach nie stwierdzimy, że te cechy posiadają. Skoro więc o żadnym konkretnym przedmiocie nie stwierdzamy takiego posiadania, to nie jesteśmy

¹³Byłoby to coś w rodzaju Putnamowskiego „realizmu wewnętrznego” w matematyce.

uprawnieni do twierdzenia, że jakiegokolwiek w ogóle przedmioty posiadają tę cechę. To pokazuje, że na gruncie aktualizmu niekonstruktywne dowody istnienia mogą być zasadnie uznane za nieprawomocne. Wynik ten wydaje się być korzystny dla konstruktywistów, pokazuje bowiem, że ich sztandarowy postulat nieakceptowania dowodów niekonstruktywnych może znaleźć dostateczną filozoficzną podstawę. Aktualizm jest jednakże stanowiskiem niezwykle radykalnym i trudnym do utrzymania. Podstawowy problem polega na tym, że na gruncie aktualizmu nie sposób wyjaśnić, czemu matematyka w tak uderzający sposób różni się od fantastyki: jak to możliwe, że nieokreślona rzeczywistość matematyczna mogła zostać określona np. co do przestępności liczby π tylko na *jeden* sposób – mianowicie taki, że liczba π naprawdę jest przestępna? Gdyby rzeczywistość ta była naprawdę nieokreślona przed podaniem dowodu, to cóż stałoby na przeszkodzie, by z równym powodzeniem dało się tę rzeczywistość określić w taki sposób, że liczba π *nie jest* przestępna? Skoro zaś ta możliwość jest wykluczona, to coś musiało bardzo silnie stać jej na przeszkodzie, a czym innym mogła być ta przeszkoda niż faktem, iż rzeczywistość matematyczna (jakkolwiek rozumiana) była jednak określona co do przestępności liczby π zanim faktycznie podano dowód, że π jest przestępna?¹⁴

PODSUMOWANIE

Z powyższych rozważań wyłaniają się następujące wnioski. Konceptualizm, będący ontologiczno-epistemologiczną podstawą konstruktywizmu to za mało, by uzasadnić odrzucenie niekonstruktywnych dowodów twierdzeń egzystencjalnych w matematyce. Konstruktywista opierający swoje poglądy na prostodusznym konceptualizmie musi więc stanąć przed następującym dylematem: albo zgodzi się na dopuszczenie dowodów niekonstruktywnych, albo wzmocni swój konstruktywizm do postaci aktualistycznej. Każda z tych możliwości wydaje się trudna do przyjęcia. Pogodzenie się z dowodami niekonstruktywnymi oznaczałoby odejście od najbardziej chyba charakterystycznego postu-

¹⁴Ten argument przeciwko aktualizmowi szerzej rozwinąłem w pracy Chlastawa 2010.

latu metodologicznego konstruktywizmu, z jakim zwolennicy tego stanowiska występowali co najmniej od drugiej połowy XIX wieku. Przyjęcie aktualizmu wiązałyby się z kolei z popadnięciem w bardzo poważne trudności z wytłumaczeniem *jakiegokolwiek* w ogóle obiektywności w matematyce, nie mówiąc już o wytłumaczeniu, dlaczego matematyka jest powszechnie uważana za naukę, która swoją obiektywnością przekracza wszystkie inne dziedziny ludzkich dociekań.

LITERATURA

Chlastawa, D. (2010), *Trzy argumenty przeciwko konstruktywizmowi matematycznemu*, „Filozofia Nauki” nr 4(72), s. 77-95.

Chlastawa, D. (2011), *Indeterminizm Jana Łukasiewicza i jego słabości*, „Edukacja Filozoficzna” vol. 51, s. 43-54.

Dummett, M. (1977), *Elements of Intuitionism*, Oxford, Clarendon Press.

Dummett, M. (1998), *Is the Concept of Truth Needed for Semantics?*, w: Martínez, C., Rivas, U., Villegas-Forero, L. (red.), *Truth in Perspective: Recent Issues in Logic, Representation and Ontology*, Aldershot, Ashgate, 3-22.

Heyting, A. (1956), *Intuitionism. An Introduction*, Amsterdam, North-Holland Publishing Company.

Wright, C. (1995), *Realizm, znaczenie i prawda* (fragm.), przeł. T. Szubka, w: Szubka T. (red.), *Metafizyka w filozofii analitycznej*, Lublin, Towarzystwo Naukowe KUL, 295-325.

SUMMARY

IS CONCEPTUALISM A SUFFICIENT REASON FOR THE REJECTION OF NON-CONSTRUCTIVE EXISTENCE PROOFS IN MATHEMATICS?

Non-constructive existence proofs (which prove the existence of mathematical objects of a certain kind without giving any particular examples of such objects) are rejected by constructivists, who hold a conceptualist view that mathematical objects exist only if they are constructed. In the paper it

is argued that this conceptualist argument against non-constructive proofs is fallacious, because those proofs establish the existence of objects belonging to certain kinds rather than the existence of those objects per se. Moreover, to engage in proving existence theorems in a given mathematical theory one has to define all of the objects of this theory at the very beginning, which can be interpreted as establishing the existence of these objects before any theorem about them is proven. It is also argued that the constructivist may escape these objections by adopting the actualistic view, according to which a mathematical sentence is true if and only if it is established as true, but this view is very implausible, as it seems unable to explain the strictness and objectiveness of mathematics and the fact that it differs so fundamentally from, for example, fictional discourse.

Adam OLSZEWSKI

Wydział Filozoficzny, Uniwersytet Papieski Jana Pawła II w Krakowie
Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych

MATEMATYKA CZY TEOLOGIA? HILBERT, GORDAN I POCZĄTKI FORMALIZMU

1. Niniejszy artykuł ma zrealizować dwa cele. Pierwszym jest wskazanie na ważną (często niezauważaną) inspirację powstania programu Hilberta, zaś drugi ma ukazać pewne związki między matematyką a teologią.¹

2. W XIX wieku, a szczególnie od lat czterdziestych, teoria algebraicznych niezmienników była jednym z najbardziej żywych obszarów badań matematycznych.² Pewne spostrzeżenia na temat niezmienników algebraicznych poczynił już Gauss na początku XIX wieku, w

¹ Artykuł niniejszy opiera się częściowo na tekstach źródłowych, zaś częściowo na pracach wtórnych. Nie ma on charakteru ściśle historycznego, lecz raczej należy do teorii rozwoju idei. Niektóre z rozważanych spraw są znane np. anglosaskiej społeczności filozoficznej, jednak uznałem, że warto je uzmysłowić filozofom polskim. Niniejsza praca, pod względem struktury, jest zbliżona do pracy McLarty'ego, ale uwypuklone zostały inne aspekty tytułowego zagadnienia. Dziękuję Bartoszowi Brożkowi za dyskusje nad tym artykułem.

² Definicja niezmiennika formy:

„Niezmiennikiem formy o dwu zmiennych $F_n(x, y)$ dowolnego stopnia n nazywamy wyrażenie I_{F_n} o współczynnikach formy F_n takim, że zawsze kiedy liniowe podstawienie przekształca F_n w F'_n :

$$F_n(x, y) = F_n(ax' + by', cx' + dy') = F'_n(x', y')$$

to niezmiennik jest mnożony przez jakąś potęgę tego wyrażenia w podstawieniu współczynników $I_{F'_n} = (ad-bc)^m \cdot I_{F_n}$. Kwadratowa forma $F(x, y) = ax^2 + 2bxy + cy^2$; posiada nieskończenie wiele niezmienników, ale wszystkie one są potęgą wyróżnika Δ_F tzn.: $I = \Delta_F^k$, dla dowolnego I i pewnego k . W tym sensie wyróżnik jest sam zupełnym systemem niezmienników kwadratowej formy.” McLarty, s. 5.

pracy poświęconej binarnym kwadratowym formom. Impulsem dla rozwoju tej teorii, w latach czterdziestych XIX wieku, były prace angielskiego matematyka George'a Boole'a oraz Otto Hesse'go w Niemczech.³ Badania te były niezależne i miały różne inspiracje. Boole udowodnił pewne szczegółowe twierdzenia o niezmiennikach form binarnych drugiego rzędu (1841). Badania te podjął jego uczeń, A. Cayley⁴, wraz ze swoim przyjacielem Jamesem Josephem Sylvestrem, który zauważył relacje zachodzące pomiędzy niezmiennikami i wprowadził termin „syzygies” (1853).⁵ To właśnie Cayley sformułował problem ogólny, znalezienia niezmienników dla dowolnych form. Natomiast w wątku niemieckim Hesse⁶, a także jego uczeń Siegfried Aronhold, postawili podobny problem ogólny dotyczący niezmienników, który rozwiązał właśnie Hilbert. Angielska gałąź badania niezmienników posługiwała się w poszukiwaniu niezmienników pełnymi postaciami form zdaniowych, co czyniło obliczenia niezwykle długotrwałymi i nużącymi. Niemiecka grupa badaczy poszła w kierunku bardziej „symbolicznym” i posługiwała się równoważnymi, lecz skrótowymi postaciami form. W tym kontekście można mówić o „szkołach”: niemieckiej i angielskiej. Nad szczególnymi przypadkami ogólnego problemu, dla określonego stopnia i liczby zmiennych, pracowali wybitni matematycy z różnych krajów. Można powiedzieć, że problem stał się sławny. W 1868 roku Paul Gordan (ur. 27.04.1837, zm. 21.12.1912), mając 31 lat, rozwiązał zagadnienie dla form binarnych dowolnego rzędu, co uczyniło go „królem niezmienników” (form binarnych). Udowodnił twierdzenie mówiące, że pierścień niezmienników form binarnych dowolnego stopnia jest skończenie generowalny.⁷ Dowód Gordana spełniał konstruktywistyczne oczekiwania współczesnych mu matematyków i podawał efektywną procedurę znajdowania skończonej bazy. Jak wspomniano powyżej, metody stosowane przez szkołę niemiecką w ba-

³W XIX wieku badano tzw. jednorodne (homogeniczne) formy. Na przykład jednorodna kwadratowa forma dwu zmiennych miała postać $F(x, y) = ax^2 + 2bxy + cy^2$.

⁴Cayley miał wprowadzić termin „niezmienniki” (invariants).

⁵Por. Encyclopaedia Italiana – Storia della Scienza (2003), Vol. VII, 1025-1029.

⁶Hesse wyszedł od pewnych zagadnień geometrycznych, które doprowadziły go do niezmienników.

⁷Używając współczesnej terminologii.

daniach nad niezmiennikami nazywane były „symbolicznymi”. Procedura opisana przez Gordana wymagała skomplikowanych i długotrwałych obliczeń. Nie nadawała się z tego powodu dla form stopnia większego niż 6, została jednak później uproszczona i można było badać nawet formy stopnia 8. Warto tutaj zwrócić uwagę na specyfikę metody symbolicznej Gordana, taką mianowicie, że „nie wolno było pytać o konkretne znaczenie obliczeń w złym momencie” oraz „...[J]eśli spróbujesz śledzić, co to wszystko znaczy w terminach rzeczywistych wielomianów, to się z pewnością zagubisz w nieistotnych i skomplikowanych szczegółach. Tylko kluczowe punkty obliczeń mogą być wyrażone w tych terminach. Gordan podkreśla, że jedna z jego kluczowych symbolicznych operacji, zwana *Faltung*, nie posiada w ogóle żadnego nie-symbolicznego znaczenia”.⁸

Prawdziwy król niezmienników dowolnych form – Dawid Hilbert – miał w 1868 roku zaledwie 6 lat. Hilbert ukończył swą pracę doktorską zatytułowaną *Ueber invariante Eigenschaften spezieller binärer Formen, insbesondere der Kugelfunktionen* w 1885 roku, pod kierunkiem Ferdynanda von Lindemanna. Dotyczyła ona również niezmienników, co jeszcze bardziej potwierdza fakt niezwykłego zainteresowania niezmiennikami wśród ówczesnej elity matematyków. W roku 1888, w wieku 26 lat, Hilbert rozwiązał ogólny problem postawiony przez Gordana dowodząc tzw. twierdzenia o bazie.

Twierdzenie Hilberta o bazie (wersja oryginalna) :

Dla dowolnego nieskończonego ciągu $\phi_1, \phi_2, \phi_3, \dots$ form w n zmiennych $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ istnieje liczba m taka, że każdy wielomian w tym ciągu może być przedstawiony w postaci

$$\phi = a_1\phi_1 + a_2\phi_2 + \dots + a_m\phi_m;$$

gdzie a_1, a_2, \dots, a_m są odpowiednimi formami w tych samych zmiennych. (Hilbert, 1888 - 1889, s. 450).

Hilbert, w latach 1888-1889. opublikował trzy krótkie artykuły w *Goettinger Nachrichten*, gdzie skrótowo informuje o swoich wynikach dotyczących algebraicznych niezmienników. Podany tam dowód

⁸Por. McLarty, s. 6. Również Rota s. 26.

twierdzenia o bazie, który był dowodem indukcyjnym i niewprost, okazał się być niepoprawny. Właściwa (i rozszerzona) publikacja ukazała się w 1890 roku w *Mathematische Annalen*. Gordan, jako uznany znawca tej problematyki, został poproszony o recenzję, w której napisał:

Z przykrością muszę powiedzieć, że jestem tym bardzo nieusatysfakcjonowany. Twierdzenia są rzeczywiście całkiem ważne i poprawne, i mój krytycyzm ich nie dotyczy. Odnosi się on raczej do dowodu podstawowego twierdzenia, który nie spełnia najbardziej skromnych wymagań odnoszących się do dowodu matematycznego. Nie wystarczy to, że autor wyjaśnił problem sobie samemu. Żąda się, że zbuduje on dowód według bezpiecznych reguł. [...] Hilbert pogardza wyłożeniem swoich myśli za pomocą formalnych reguł; uważa, że wystarczy, iż nikt nie może wykazać sprzeczności jego dowodu, i wszystko jest w porządku. Postępując w ten sposób nie uczy on nikogo niczego. Ja mogę się nauczyć tylko czegoś, co zostanie tak mi wyjaśnione jak to, że jeden razy jeden równa się jeden. Powiedziałem mu w Lipsku, że jego rozumowanie nie mówi mi niczego, zaś on utrzymywał, że waga i poprawność jego rezultatów wystarczają. To może wystarczać na początkowym etapie odkrycia, ale nie wystarczy na szczegółowy artykuł do *Annalen*. (Hilbert, Klein, 1985, s. 65)⁹

Współczesne wersje twierdzenia Hilberta, po odkryciach Emmy Noether, różnią się od oryginalnego:

(Twierdzenie Hilberta o bazie) Dowolny ideał pierścienia wielomianów $K[x_1, \dots, x_n]$ jest skończenie generowalny.

Ogólniejsza wersja: Jeśli R jest lewym (odpowiednio prawym) Noetherowskim pierścieniem, to pierścień wielomianów $R[X]$ jest również lewym (odpowiednio prawym) pierścieniem Noetherowskim.¹⁰

⁹Cytuję za McLarty, s. 10.

¹⁰Dla porządku przytaczam dowód tego twierdzenia. Dowód (niekonstruktywny): Niech I będzie ideałem w $R[X]$ i przyjmijmy dla dowodu niewprost, że I nie jest skończenie generowalny. Indukcyjnie konstruujemy ciąg f_1, f_2, \dots elementów I taki, że f_{i+1} ma najmniejszy stopień w $I \setminus J_i$, gdzie J_i jest ideałem generowanym przez f_1, f_2, \dots, f_i .

Główne różnice współczesnych postaci samego twierdzenia o bazie w stosunku do wersji Hilbertowskiej polegają na tym, że:

- nie odwołują się do tradycyjnego ujęcia form, w szczególności do ich homogeniczności;
- odnoszą się do pierścieni Noetherowskich;
- Hilberta wersja odnosi się do przeliczalnych i uporządkowanych zbiorów wielomianów.¹¹

Wyrażeniem *problem Gordana* posługują się w niniejszym artykule w dwóch znaczeniach: pierwsze odnosi się do zagadnienia z teorii niezmienników, zaś drugie dotyczy krytycznych uwag względem dowodu Hilberta. Biorąc pod uwagę drugie znaczenie, zarzuty Gordana można sprowadzić do trzech:

- (G1) że dowód Hilberta jest dowodem niewprost;
- (G2) że jest to dowód egzystencjalny (dowodzi jedynie istnienia pewnego obiektu);
- (G3) że jest to dowód, który nie charakteryzuje obiektu (nie określa jego własności).

Zarzuty te wymagają krótkiego komentarza. Dowód niewprost używany był w obrębie matematyki niemal od początku jej istnienia. Klasyczne uzasadnienie poprawności logicznej takiego dowodu opiera się między innymi na przesłance o dwuwartościowości (biwalencji zdań

Niech a_i będzie prowadzącym współczynnikiem wielomianu f_i . Niech J będzie ideałem w R generowanym przez a_1, a_2, \dots . Ponieważ R jest pierścieniem Noetherowskim istnieje taka liczba N , że J jest generowany przez a_1, a_2, \dots, a_N . Znaczy to w szczególności, że $a_{N+1} = u_1 a_1 + \dots + u_N a_N$ dla pewnych u_1, \dots, u_N w R . Rozważmy teraz $g = u_1 f_1 x^{n_1} + \dots + u_N f_N x^{n_N}$ where $n_i = \deg f_{N+1} - \deg f_i$. Ponieważ $\deg g = \deg f_{N+1}$ i współczynniki wiodące wielomianów g oraz f_{N+1} zgadzają się, to różnica $f_{N+1} - g$ ma stopień ostro mniejszy niż f_{N+1} , co jest w sprzeczności z wyborem f_{N+1} . Zatem I jest skończenie generowany. Por. internet oraz Prasolow ss. 220-221.

¹¹Dokładna analiza pierwszej wersji dowodu Hilberta i jego wad jest poza zasięgiem niniejszego artykułu.

matematycznych). Przesłanka ta sprawia, iż nie ma potrzeby, by logicznie rozróżniać pomiędzy zdaniem i jego podwójną negacją, gdyż są równoważne. McLarty (ss. 10-11) uważa, że Gordan nie formułował świadomie zarzutu co do tego, że dowód jest niewprost. Matematycy dziewiętnastowieczni nie zdawali sprawy (wg. McLarty'ego) ze specyfiki takiego dowodu. Musimy jednak pamiętać, że Gordan nie artykułował dokładnie źródeł swojego niepokoju odnośnie do rozumowania Hilberta.¹² Dopiero Brouwer w pełni sformułował zarzut, że pewne postacie dowodu niewprost są wątpliwe z punktu widzenia ich logicznej poprawności. Zarzut ten dał impuls do powstania logiki intuicjonistycznej, której adekwatna matryca nie jest skończona, co wykazał Goedel w 1932 roku, i jest nieskończona, co wykazał Jaśkowski w 1936 roku. Uchylenie założenia biwalencji, z uzasadnienia poprawności dowodu niewprost, skutkuje brakiem równoważności pomiędzy zdaniem i jego podwójną negacją. W szczególności zdanie egzystencjalne zanegowane podwójnie $\neg\neg\exists xA$ nie implikuje logicznie zdania $\exists xA$. Intuicjonistycznie to, że $\exists xA$ prowadzi do absurdu, samo prowadzi do absurdu, nie daje żadnej sposobności konstrukcji odpowiedniego x .¹³ W przypadku dowodu Hilberta udowodnione zostało właśnie jedynie $\neg\neg\exists xA$. Być może również tę właśnie intuicję (nieformalne przeżycie) miał Gordan, gdy napisał o dowodzie Hilberta, że *nie spełnia najbardziej skromnych wymagań odnoszących się do dowodu matematycznego*. Zarzuty (G2) i (G3) zostały sformułowane *explicitie*:

dowód, który podał Hilbert jest zasadniczo poprawny w swej istocie; jednakże wyczuwam lukę w jego wyjaśnieniu, iż jest zadowolony z udowodnienia istnienia [rozwiązań], bez rozważenia ich własności.¹⁴

Porównajmy teraz dwie formuły: $\exists xA(x)$ oraz $A(d)$, gdzie d jest obiektem z uniwersum U , będącym potencjalną wartością zmiennej x .¹⁵ Wedle nieformalnej interpretacji BHK¹⁶ dla logiki intuicjonistycznej, przy

¹²Zob. cytat z recenzji Gordana powyżej.

¹³Może inaczej: $\neg\exists xA$ implikuje absurd, co znaczy konstruktywistycznie $\neg\neg\exists xA$.

¹⁴Cytuję za McLartym. Por. Gordan (1893), ss. 132-133.

¹⁵Dla uproszczenia utożsamiam obiekt i jego nazwę.

¹⁶Od nazwisk Brouwera, Heytinga i Kołmogorowa.

której zdanie jest prawdziwe, jeśli posiada dowód (konstrukcję), pomiędzy obiema powyższymi formułami zachodzi następujący związek: (BHK6) dowód dla $\exists xA(x)$ polega na dostarczeniu dowodu (konstrukcji), że $d \in U$ oraz dowodzie (konstrukcji), że $A(d)$. Widać, że nie da się konstruktywistycznie oddzielić prawdziwości obu powyższych przypadków. Dla Gordana mogło to być paradygmatyczne przekonanie, którego nie potrafił jasno sformułować. Stąd w jego recenzji pracy Hilberta pojawia się zwrot: *jego rozumowanie nie mówi mi niczego*, który był próbą wyrażenia czegoś ówczasie „niewyraźnego”.¹⁷ Problemem otwartym zdaje się być „konstruktywizm” Gordana. McLarty (s. 13) twierdzi, że nie ma żadnego dowodu (*evidence*) na to, iż Gordan odrzucał niekonstruktywną część matematyki, ani na to, że matematyka musi być konstruktywna. Natomiast samo niezrozumienie dowodu Hilberta wskazuje na to, że miał „konstruktywistyczne skrupuły”. Dowód Hilberta był zaskakujący, ponieważ dowodził zdania egzystencjalnego w sposób niezależny od dowodu wymienionego z prawej strony (BHK6).¹⁸ Niejako „odkleił” istnienie obiektu od samego obiektu i jego własności. W podobnym duchu na temat twierdzeń o charakterze egzystencjalnym (niekonstruktywnych) wypowiedział się A. Markow:

tak więc nie jest jasne w jakim sensie ten obiekt [o którym mowa w twierdzeniu AO.] istnieje, to znaczy, nie wiadomo, co właściwie wyraża to twierdzenie.¹⁹

Przytoczona wypowiedź Markowa pochodzi z roku 1958, czyli około 60 lat po recenzji Gordana, i pomimo tego przypomina język niemieckiego matematyka. Poza tym, na co zwrócił uwagę Heyting (s. 185-186) za G. Kreislem, w wypadku twierdzeń egzystencjalnych należy odróżnić konstruktywność dowodu od konstruktywności samego twierdzenia. Samo pojęcie konstruktywnego dowodu jest w ogólności nieprecyzyjne (*vague*), podczas gdy pojęcie konstruktywnego twierdzenia

¹⁷Wyrażalne stało się dopiero od czasów Brouwera. Po. Jednak uwagi Heytinga poniżej.

¹⁸Hilbert, wychodząc naprzeciw konstruktywistycznym żądaniom Gordana, podał zadawalający dowód twierdzenia o bazie w 1893 roku.

¹⁹Cytuję za Heyting, A. (1962), s 185.

może być doprecyzowane na kilka sposobów (s. 186).²⁰ Nieprecyzyjny charakter pojęcia konstruktywnego dowodu (czy też efektywnej obliczalności) jest wg. Heytinga niepokonywalną jego cechą, której nie należy się ani obawiać, ani wykorzystywać jako argumentu przeciwko konstruktywizmowi (s. 187-188). Pisze tak (s. 187):

Jest jasne, że konstruktywizm nie może istnieć bez nieprecyzyjnego pojęcia efektywności. A czy nie-konstruktywizm może istnieć? Aby być precyzyjnym, musi on zostać sformalizowany. Wtedy, wcześniej lub później, oprócz poszczególnych derywacji, zostanie zdefiniowane ogólne pojęcie wyprowadzalności. Albo to pojęcie będzie rozumiane konstruktywnie, i wtedy będzie nieprecyzyjne (*vague*), albo metamatematyka musi zostać sformalizowana, co prowadzi powtórzeń bez końca (*endless repetition*).²¹

Po tej prezentacji chciałbym wskazać na rolę, jaką, według mnie, odegrał *problem Gordana* (w drugim znaczeniu) dla sformułowania programu Hilberta. Dla ilustracji przypomnę sam program w wersji skróconej i postaram się wskazać, w których punktach był on inspirowany przez Gordana. Hilbert, formułując swój program, przyjął następujące cele (C1-C2) i założenia (Z3-Z6):²²

(C1) Uratować całą matematykę (raj, do którego wprowadził nas Cantor), włącznie z jej częścią niekonstruktywną.²³

(C2) Metody pozaskończone są problematyczne (należy je usprawiedliwić).

(Z3) Metoda symboliczna jest użyteczna (formalizacja).

²⁰W rozważanym przez nas przypadku Gordan nie miał zarzutu co do zawartości samego twierdzenia, lecz jego dowodu.

²¹Te uwagi pokazują, że niepokój Gordana odnośnie do dowodu Hilberta nie miał wad wynikających z braku precyzji.

²²Rozważania te należą zarówno do tzw. kontekstu odkrycia jak i kontekstu uzasadniania samego programu. Nie pretenduję tutaj do kompletności w opisie celów, założeń i realizacji programu Hilberta. Szerzej o tym por. Olszewski, A. Teza Churcha. Kontekst historyczno-filozoficzny, Kraków 2009.

²³C. Reid w swej książce o Hilbercie pisze o jego podróży (po uzyskaniu doktoratu) po Niemczech i odwiedzinach wybitnych matematyków. Dużo uwagi Hilbert poświęcił poglądom Kroneckera. Por. C. Reid, Hilbert, Berlin- Heidelberg- New York, 1970.

(Z4) Można podać dowód wszelkich twierdzeń matematycznych (rozstrzygalność).²⁴

(Z5) Bezwzględnie pewne w matematyce są wyłącznie metody finitystyczne.

(Z6) Metoda aksjomatyczna jest użyteczna (aksjomatyzacja).²⁵

Natomiast sam program, którego składowymi były aksjomatyzacja i formalizacja, miał być zrealizowany w następujących etapach:

(ETAP 1) Identyfikacja nie budzącej wątpliwości, finitystycznej części matematyki realnej (treściowej).

(ETAP 2) Formalizacja tej części matematyki (przy czym nie ma znaczenia, czy tę formalną część będziemy już nazywać matematyką idealną, czy ciągle realną).

(ETAP 3) Zbudowanie odpowiedniego systemu formalnego (aksjomatów i reguł inferencyjnych), z użyciem którego da się zrekonstruować finitystyczne i coraz obszerniejsze fragmenty matematyki. Sformalizowana matematyka treściowa pełni w tym procesie funkcję heurystyczną; można zatem powiedzieć, że na tym etapie aksjomaty traktowane są „treściowo”.

(ETAP 4) Potraktowanie tak skonstruowanego systemu formalnego jako zbioru skończonych znaków.

(ETAP 5) Dowód niesprzeczności (i ew. inne dowody metamatematyczne) systemu formalnego. Dowody te przeprowadzane są w me-

²⁴Zob. odrębne zapiski Hilberta na ten temat. Por. Hayashi S., Nakatogawa K., „Hilbert and computation”. (Z4) jest czasem określane w literaturze jako wyraz optymizmu Hilberta. Ów optymizm, jako stan psychiczny, może mieć związek pośredni z problemem Gordana. Należy pamiętać, że 26-letni młodzieniec rozwiązał jeden z głównych problemów zaprzatających umysły wielu matematyków dziewiętnastego wieku. Jest to z pewnością podstawa do optymizmu.

²⁵Obszerne rozważania na temat pochodzenia i ważności metody aksjomatycznej u Hilberta por. Corry, L., „The Origin of Hilbert's Axiomatic Method”. Hilbert dał wkład w aksjomatyki m.in. takich dziedzin jak: mechanika, termodynamika, rachunek prawdopodobieństwa, kinetyczna teoria gazów, elektrodynamika, a nawet psychofizyka. Por. powyższy artykuł Corry'ego s. 173 i nast. Oczywiście jeśli chodzi o matematykę to najważniejsze były aksjomatyki geometrii i teorii liczb rzeczywistych. Hilbert wymagał by aksjomatyki spełniały cztery warunki (rozumiane przez niego dość specyficznie): niezależność, prostota, pełność i niesprzeczność.

tamatematyce, która jest finitystyczna i treściowa (operuje się tu na skończonych znakach).

(ETAP 6) Metamatematyczna (treściowa) ocena („interpretacja”) twierdzeń wygenerowanych przez system formalny. Udowodniona wcześniej niesprzeczność tego systemu gwarantuje prawdziwość użytych twierdzeń.

Oba cele, (C1) i (C2), jakie stawiał sobie Hilbert, nie są rozłączne i realizacja pierwszego z nich prowadzi do realizacji drugiego. Warto jednak ten drugi cel mieć na myśli osobno, gdyż był przedmiotem różnych badań i dyskusji.²⁶ Nie przytaczam tutaj znanych wypowiedzi Hilberta wyrażających (C1) na różne sposoby. Młody Hilbert, podając dowód twierdzenia o bazie, miał okazję, dzięki Gordanowi, osobiście zapoznać się z krytyką swego argumentu. Choć, podobnie jak jego krytyk, był przekonany o prawdziwości samego twierdzenia (twierdzeń), to nie był w stanie, jak się wydaje,²⁷ uczynić dwóch rzeczy: zrozumieć dokładnie, o co chodziło Gordanowi, który, jak wspomniano wcześniej, sam dokładnie tego nie wiedział, oraz sformułować jasnej obrony przed krytyką. Jak to Gordan sformułował, Hilbert [...] *pogardza wyłożeniem swoich myśli za pomocą formalnych reguł; uważa, że wystarczy, iż nikt nie może wykazać sprzeczności jego dowodu, i wszystko jest w porządku.*²⁸ Ta *pogarda* wynikała być może z nieumiejętności formalnego opracowania dowodu. Hilbert, według Gordana, przerzucał ciężar uzasadnienia niepoprawności dowodu na jego krytyków. Musiał jednak z tego sobie zdawać sprawę i z pewnością zostało to zapamiętane jako swoista porażka.²⁹ Tutaj też, według mnie, należy szukać podstawowej inspiracji dla (C1), która rozwinięta została, kiedy Hil-

²⁶Warto w tym kontekście wymienić należy książkę zawierającą prace wybitnych logików: *Infinistic methods*, PWN, 1961.

²⁷Moje poglądy w tej sprawie mają charakter hipotetyczny i wyprowadzone są częściowo w oparciu o znane fakty, zaś częściowo są wnioskami z kontekstu i dalszego rozwoju wydarzeń.

²⁸ Por. powyżej.

²⁹C. Reid w swojej książce próbuje pokazać profil psychologiczny Hilberta. Był on człowiekiem niezwykle ambitnym, bezkompromisowym i skutecznym. Niejasności w kwestii dowodu skłoniły zarówno Gordana jak i Hilberta do dalszych badań, i podania nowych dowodów twierdzenia o bazie.

bert wrócił do zainteresowania podstawami matematyki.³⁰ Wtedy też powrócił do *problemu Gordana* i napisał:

Gordan miał mieszane uczucia odnośnie do pozaskończonych metod wykorzystanych w moim pierwszym dowodzie niezmienników [t.j. o skończoności zupełnych systemów] co wyraził, określając dowód mianem "teologicznego". Zmienił mój dowód, wprowadzając swoją "symboliczną metodę" i uważał, że w ten sposób pozabawił go "teologicznego" charakteru. W rzeczywistości, pozaskończone rozumowanie było ukryte za formalizmem.³¹

Cytat ten pokazuje w jaki sposób Hilbert rozumiał, po latach, zarzuty Gordana. Uważał, że odnosiły się do *pozaskończonych metod* i stąd można mówić o inspiracji dla (C2). Być może było tak jak pisał Hilbert,³² jednak przytoczone fragmenty z Gordana, wskazują na coś innego, co potwierdził również H. Weyl wskazując jedynie na Gordanowskie *skrupuły egzystencjalne*, a pomijając problem pozaskończoności. Odnośnie do (Z3) Hilbert, jako uważny myśliciel, musiał zdać sobie sprawę z doniosłości metody symbolicznej, którą stosował Gordan. Szczególnie ważne było to, że owa metoda mogła, dzięki systematycznemu i starannemu zastosowaniu, przenieść badacza w obszary rozumowań, w których traci on intuicyjny kontakt z dowodzonymi zdaniami. Znaczy to, że, zgodnie z sugestią Gordana, w niektórych przypadkach nawet należy *przestać rozumieć*, a jedynie „ślepo” postępować za regułami. Hilbert zrealizował to założenie w swoim programie (formalizacja) w ten sposób, iż treściowa ocena zdań użytych w dowodzie twierdzeń następuje na początku i na końcu dowodu, i dokonuje się w obrębie metamatematyki.³³ Założenie (Z5) odnoszące się do fini-

³⁰Podobnie uważa McLarty s. 12.

³¹Hilbert (1923), s. 161. Ten cytat potwierdza moje przypuszczenia odnośnie do inspiracji Hilberta. Warto wspomnieć, że w nieco podobnej sytuacji znalazł się G. Cantor atakowany przez konstruktywistów odnośnie do zbiorów aktualnie nieskończonych, w szczególności Kroneckera, który szukał sprzymierzeńców filozoficznych wśród przedstawicieli teologii neoscholastycznej (zachowały się fragmenty korespondencji). Uwagę tę zawdzięczam Jerzemu Dadaczyńskiemu.

³²Niektóre sprawy mogły zostać jedynie omówione podczas osobistych spotkań obu matematyków i nie zostały opublikowane.

³³Ten ciekawy wątek sam w sobie wymaga niezależnego rozwinięcia.

tystyczności pewnych fragmentów matematyki jest, według mnie, *implicite* zawarte w wypowiedzi Gordana: [o]n [Hilbert, AO.] *nie uczy nikogo niczego w ten sposób. Ja mogę się jedynie nauczyć tego, co jest jasne dla mnie, jak jeden razy jeden jest jeden*. Rozróżniał on różne obszary matematyki pojmowanej jak wytwór, w szczególności mówił o takim obszarze, którego twierdzenia są dla niego *jasne*. Jest to kategoria dość subiektywna, jednak niemal stale obecna w sformułowaniach matematyków i filozofów (Kartezjusz). Dowód Hilberta nie posiadał dla niego tej cechy *jasności*. Gordan był również, jak określił go Noether, *algorytmikiem (algorithmiker)*.³⁴ Znaczyło to między innymi zaufanie do metody symbolicznej, czyli starannego postępowania według pewnych *jasnych* reguł obliczeniowych. (Z5) zostało przez Hilberta wykorzystane przy formalizacji (całej) m(M)atematyki³⁵, którą zaczął faktycznie realizować z W. Ackermannem w *Grundzuege der theoretischen Logik* (1928) oraz, pełniej, z P. Bernaysem w *Grundlagen der Mathematik I* (1934) i *II* (1939). Sformalizował rachunek zdań i predykatów, by dojść do arytmetyki liczb naturalnych. Pewna część arytmetyki tych liczb tworzyć miała finitystyczną i treściową bazę całego programu.³⁶ Tutaj właśnie mogło owocować to, co miał na myśli Gordan, pisząc: *Ja mogę się jedynie nauczyć tego, co jest jasne dla mnie, jak jeden razy jeden jest jeden*. Zresztą Hilbert sam miał wątpliwości co do finitystyczności zdań zaczynających się od kwantyfikatora. Wydaje się, że dopiero pojęcie systemu formalnego realizowało zamierzenie finitystyczności. System formalny realizował wymóg *jasności* (od czasów Goedla wiadomo, że wiele metajęzykowych predykatów orzekanych o systemie formalnym ma charakter pierwotnie rekurencyjny) oraz dowodzenie w takim systemie spełniało wymóg *jasności* postępowania według *jasnych* reguł. Dlatego właśnie dowodzenie w takim systemie było właściwą odpowiedzią na wątpliwości Gordana

³⁴Por. Noether (1914), s. 37; McLarty s. 13.

³⁵Mam wątpliwość czy pisać to słowo z dużej czy małej litery w kontekście poglądów Hilberta. Chciał on uratować całą matematykę, a nie tylko okrojoną przez konstruktywistów.

³⁶Za taką bazę finitystyczną uchodzi (wg. niektórych np. W. Tait) arytmetyka Skolemowa oznaczana symbolem PRA.

i usprawiedliwiało metody pozaskończone matematyki, w szczególności jego sławny dowód.³⁷

3. Max Noether³⁸ w mowie pochwalnej na cześć Paula Gordana, po raz pierwszy publicznie, w 1914 roku, wspominał o następującej reakcji na dowód Hilberta: *To nie matematyka, to teologia*.³⁹ Opublikowana wypowiedź wywołała wiele komentarzy wśród matematyków i filozofów, którzy próbowali domyślić się, co miał na myśli jej autor. Sam Noether, który przyjaźnił się z Gordanem, odwoływał się do Gordanowskiego poczucia humoru. Z kolei Hilbert przez *teologiczny* charakter dowodu rozumiał jego pozaskończony charakter. Felix Klein wskazywał raczej na to, że *teologiczność* dowodu znaczyła jego bezwartościowość z punktu widzenia matematyki. Przywołał dodatkowo wypowiedź Gordana: *[p]rzekonałem się, że nawet teologia ma swoje dobre strony*. Otto Blumenthal dopatrywał się *teologiczności* w tym, że dowód posiadał lukę. Gerhard Kowalewski mówił o iluminacji od Boga, jaką otrzymać miał Hilbert podając swój dowód.⁴⁰ Podsumowując te poglądy, można wyróżnić co najmniej następujące rozumienia „dowodu teologicznego”:

- (1) przyjęty na wiarę (nie spełniający metodologicznych kryteriów);
- (2) wykorzystujący zasadę wyłączonego środka (zakłada istnienie obiektów platońskich);
- (3) niezwykle, niespodziewany, natchniony;
- (4) posługujący się wyrażeniami pozbawionymi znaczenia (“pustymi symbolami”);
- (5) dowodzący jedynie istnienia, a nie własności danego obiektu;
- (6) odwołujący się do nieskończoności aktualnej (= posługujący się metodami pozaskończonymi).

³⁷Dowód Hilberta sprawdzono w systemie dowodzenia twierdzeń Mizar.

³⁸Ojciec Emmy Noether, która była doktorantką Gordana.

³⁹Por. Noether (1914), s. 18. Cytuję za McLartym.

⁴⁰Szerzej te wypowiedzi są skomentowane w McLarty s. 12 i nast.

Niektóre z powyższych rozumień „dowodu teologicznego” przeciwstawiają go dowodowi matematycznemu, który jest, dla niektórych, idealnym wzorcem każdego dowodu. Jednak rozmienia (2), (3), (5) i (6) brzmią bardziej rekonyliacyjnie. Wskazują bowiem na pewne elementy dowodów wspólne teologii i matematyce. Warto na tę sprawę spojrzeć również od strony teologii i filozofii, a nie wyłącznie matematyki.⁴¹

Teologia zaczyna się od uznania za prawdziwe zdania *Istnieje Bóg*. Sformułowanie takie jest do przyjęcia po tzw. *lingwistycznym zwrocie* w filozofii. Jednak naprawdę teologia zaczyna się od uznania, że *istnieje* obiekt, do którego odnosimy termin *Bóg* i w pewien sposób go rozumiemy.⁴² Innymi słowy, teologia nie rozpoczyna się od zajęcia pewnej postawy propozycjonalnej, lecz pewnej ontologii. Jednym z aspektów tego rozumienia jest to, że *Boga* pojmujemy jako istotę duchową i niematerialną, istniejąca poza czasem, przestrzenią (np. św. Tomasz z Akwinu) i umysłem (np. św. Anzelm). Jej istnienie jest obiektywne i niezależne od podmiotu poznania, zaś cechy *Boga* są odkrywane (głównie dzięki przyjęciu pojęcia *Objawienia*). Aspekt ten przypomina uznawanie istnienia bytu platońskiego. W tym miejscu widać związek pomiędzy teologią i pewną interpretacją filozoficzną matematyki, mianowicie platonizmem matematycznym. Podstawowa różnica między tymi platońskimi bytami (w przypadku platonizmu matematycznego chodzi o całą klasę bytów) polega na tym, że *Bóg*, oprócz tego, że oczywiście jest przedmiotem poznania, jest również podmiotem działania (między innymi objawia się człowiekowi), podczas gdy byty matematyczne są *nieme* (nieaktywne). Ta ostatnia cecha bytów matematycznych jest podstawą do skutecznego ataku na pozycje platońskie w rozumieniu matematyki. Paradoksalnie dowód na istnienie Boga może być mocnym wsparciem dla platonizmu matematycznego,

⁴¹Autor pragnie uspokoić zaniepokojonego Czytelnika i wyjaśnia, że jest do tego kompetentny, gdyż jest również magistrem teologii.

⁴²Na poniższe rozważania ma duży wpływ teologia chrześcijańska. Nie chciałbym wchodzić w rozmaite subtelnosci z tym związane. Warto zwrócić uwagę na to, że wykład metafizyki (w pierwotnym sensie tego terminu) kończy się dowodem na istnienie Boga i może być uważany za wykład teologii naturalnej.

gdyż implikuje możliwość istnienia (obszernej klasy?) bytów platońskich – *ab esse ad posse valet consequentia*.

Odnosnie do (3) wspomnieć tylko należy, że w teologii istnieje nauka o *Bożej Opatrzności*, wedle której działania człowieka związane są z działaniem łaski Bożej i każde odkrycie, w tym również dowód matematyczny, jest jej owocem.

Powróćmy do zdania *Bóg istnieje* i punktu (5). Przedmiotem sporu jest to, czy da się przedstawić dowód tego zdania. Niektórzy twierdzą, iż nie da się tego zdania dowieść, inni z kolei, że nie można podać dowodu spełniającego odpowiednie kryteria metodologiczne i mówią raczej o argumentach (nie od dowodzie), zaś niektórzy uważają, że dowód jest jak najbardziej możliwy. Zwolennikami ostatniego stanowiska byli filozofowie (św. Anzelm, Kartezjusz), jak i logicy (Godel, Bocheński).⁴³ Św. Tomasz z Akwinu nadał swym argumentom nazwę *via*, co znaczy 'droga', i miał na myśli pewną ścieżkę rozumowania. Był zatem zwolennikiem drugiej opcji w sprawie rzeczonoego dowodu. Nie jest mi znany dowód, w którym nie zostało podane jakieś rozumienie Boga zadane uprzednio. Niech wyrazem takiego rozumienia będzie forma zdaniowa $B(x)$, którą odczytamy „ x jest Bogiem”. Zdanie $\exists xB(x)$ odczytamy „istnieje taki obiekt, który jest Bogiem”. Część formy zdaniowej „jest Bogiem” nazywa się w logice predykatem i jest orzekane o indywiduach. Predykat, którego częścią jest tzw. term predykatowy, w naszym przypadku B , wskazuje na pewną własność posiadaną, lub nie, przez zamierzony obiekt (obiekty). W tym właśnie sensie nie znam dowodu, który by takiego predykatu nie orzekał i równocześnie wyróżniał Boga z uniwersum istniejących bytów. Św. Tomasz z Akwinu dowodząc np. istnienia Pierwszego Poruszciciela pisał na końcu: *a to właśnie nazywamy Bogiem*. Niektórzy sądzą, że termin *Bóg* jest nazwą własną, ale przy dokładniejszej analizie teza ta jest trudna do zrozumienia i obrony. Ciekawe spostrzeżenia na ten temat można poczynić w obrębie teorii pojęć Pawła Materny, która nawiązuje do pewnych idei Pawła Tichy'ego.⁴⁴ W teorii tej mamy do

⁴³Należy pamiętać, że wspomniani filozofowie nie pracowali w obrębie filozofii analitycznej i nie zajmowali się zdaniem, lecz problemem wyrażonym przez zdanie.

⁴⁴Por. Tichy (1979).

czynienia z tzw. *individual role* albo *office*, które jest funkcją ze zbiorów możliwych światów i czasu w zbiór indywiduów.⁴⁵ Przykładem obecnie obsadzonego (*occupied*) *office* (pierwszego rzędu) jest: *prezydent USA*, zaś nieobsadzonego (*vacant*): *król Francji*. Istnienie jest własnością *offices*, zaś termin *Bóg* denotuje *Boży-office*. W tej teorii rekonstruuje się jedną z wersji dowodu św. Anzelma i wykazuje, że *Bóg* istnieje, co znaczy, iż *Boży-office* jest obsadzony, bez określania jaki jest *Bóg* (jest to tajemnicą). To ogólne przedstawienie być może niewiele wyjaśnia, ale pokazuje jedną ważną rzecz – można niemal⁴⁶ całkowicie w dowodzie oddzielić specyficznie pojęte istnienie obiektu od jego własności. Analogiczną sytuację mamy w przypadku dowodu Hilberta. Skończona baza (obiekt) zostaje wskazany przez predykat A , jednak nie określa się jego własności, a dowodzi się zdania $\exists xA(x)$.⁴⁷ Natomiast w znanym dowodzie Kurta Goedla przesłanką jest definicja Boga, tzn. definiuje się $G(x)$, by dowieść $\exists xG(x)$. Jako ciekawostkę można podać, że Goedel w rozmowie z Rudolfem Carnapem stwierdził, iż dowód na istnienie Boga pokazuje możliwość niesprzecznego posługiwania się terminem *Bóg*.

Ostatnią sprawą (ad. (6)) jest kwestia nieskończoności aktualnej. *Bóg* w teologii jest pojmowany rzeczywiście jako byt nieskończony. Ta nieskończoność Boga jest nieskończonością *jakościową* (widać to dobrze choćby na przykładzie dowodów św. Anzelma i Goedla), podczas gdy w matematyce mamy do czynienia z nieskończonością *ilościową*.

LITERATURA

- Corry, L. "The Origin of Hilbert's Axiomatic Method", [w:] Juergen Renn (ed.). *The Genesis of General Relativity*, Vol. 4, ss. 139-236.

⁴⁵Teoria ta jest dość skomplikowana i wymaga dłuższego wprowadzenia. Podaję tutaj tylko niektóre intuicje.

⁴⁶Użyłem słowa niemal rozmyślnie, ponieważ przesłanką takiego dowodu jest to, że *Bóg* jest bytem od którego nic większego nie można pomyśleć. Dowód ten i jego analiza pochodzi od współpracownicy P. Materny — Marie Duzi, z Czech.

⁴⁷Cała ta sprawa jest dość złożona i wymaga osobnego opracowania.

- Theories of Gravitation in the Twilight of Classical Physics: The Promise of Mathematics and the Dream of a Unified Theory*
2006 Springer.
- Davis, Philip J. "A Brief Look at Mathematics and Theology", internet.
- Davis, Philip J. "A Brief Look at Mathematics and Theology Some 20th Century Opinions", internet.
- Encyclopaedia Italiana – Storia della Scienza* (2003), Vol. VII, 1025-1029.
- Gordan, P. (1868) „Beweis, dass jede Covariante und Invariante einer binären Form eine Ganze Function mit numerische Coefficienten einer endlichen Anzahl solchen Formen ist”, *Jour. r. ang. Math.* 69, 323-354.
- Gordan, P. (1893), „Ueber einen Satz von Hilbert”, *Mathematische Annalen* 42, 132–42.
- Hayashi, S. Nakatogawa, K. „Hilbert and computation”, internet
- Heyting, A. „Infinitistic methods from a finitist point of view” [w:] *Infinitistic methods*, Warszawa, Pergamon Press i PWN 1961, ss. 185-192.
- Hilbert, David (1885), „Ueber die invarianten Eigenschaften spezieller binärer Formen, insbesondere der Kugelfunktionen”, Inauguraldissertation, Königsberg. Przedruk [w:] Hilbert, *Gesammelte Abhandlungen*. Bd. 11. pp. 1–33.
- Hilbert, David (1887), „Ueber einen allgemeinen Gesichtspunkt fuer invariantentheoretische Untersuchung”, *Mathematische Annalen* 28, 381–446.
- Hilbert, David (1888–1889), „Zur Theorie der algebraischen Gebilde”, *Goettinger Nachrichten* 1888, 450–57; 1889, 25–34 i 423–30.
- Hilbert, David (1890), „Ueber die Theorie der algebraischen Formen”, *Mathematische Annalen* 36, 473–534.
- Hilbert, David (1891–92), „Ueber die Theorie der algebraischen invarianten”, *Nachrichten von der Königlich Gesellschaft der*

- Wissenschaften und der Georg-Augusts-Universitaet zu Goettingen* 1891, 232–41; 1892 6–16 i 439–48.
- Hilbert, David 1893 „Ueber die vollen Invariantensysteme”, *Math. Ann.* 42, 313-373. (*Ges. Abh.* Vol. 2, 287-344.).
- Hilbert, David (1923), „Die logischen Grundlagen der Mathematik”, *Mathematische Annalen* 88, 151–65.
- Hilbert, David Klein, Felix (1985), *Der Briefwechsel David Hilbert Felix Klein (1886–1918)*, G. Frei ed, Vandenhoeck & Ruprecht, Goettingen.
- Infinitistic methods*, Warszawa, Pergamon Press i PWN 1961.
- McIntyre, Dale L. ”The God-Fearing Life of Leonhard Euler”, internet.
- McLarty, Colin (2008), ”Theology and its discontents: the origin myth of modern mathematics”, wersja April 15, 2008, internet.
- Noether, Max (1914), „Paul Gordan”, *Mathematische Annalen* 75, 1–41.
- Olszewski , Adam (2009), *Teza Churcha. Kontekst historyczno-filozoficzny*, Kraków 2009.
- Parshall, K.H. (1989) ”Towards a History of Nineteenth-Century Invariant Theory”, in D.E.
- Rowe & J. McCleary (eds.) (1989), *The History of Modern Mathematics* (New York: Academic Press) Vol. 1, 157-206.
- Prasolov S., *Polynomials*, Springer 2004.
- Reid, C. *Hilbert*, Berlin- Heidelberg- New York, 1970.
- Rota, G-C. (1999) „Two turning points in the invariant theory”, *Math. Intelligencer* 21 (1) (1999) 20-27.
- Ruediger, Thiele ”Hilbert’s Twenty-Fourth Problem”, zob. www.maa.org/news/Thiele.pdf
- Tichý, Pavel, „Existence and God”, *Journal of Philosophy*, 1979

SUMMARY***MATHEMATICS OR THEOLOGY? HILBERT, GORDAN AND THE
BEGINNING OF THE FORMALISM***

The aim of the article is two-fold: first, to analyse the impact Gordan's problem had on Hilbert's Programme and, secondly, to discuss, mainly from the theological standpoint, Gordan's phrase: "This is not Mathematics, this is Theology".

**LWOWSKIE POLEMIKI WOKÓŁ
TEORII WZGLĘDNOŚCI**

◇ Paweł Polak, *”Byłem Pana przeciwnikiem [profesorze Einstein]...”*. *Relatywistyczna rewolucja naukowa z perspektywy środowiska naukowo-filozoficznego przedwojennego Lwowa*, Copernicus Center Press, Kraków 2012, ss. 463.

Książka Pawła Polaka wyrosła z badań podjętych na seminarium filozofii przyrody w Papieskiej Akademii Teologicznej (obecnie Uniwersytet Papieski Jana Pawła II) dotyczących polskiej filozofii przyrody okresu międzywojennego. Wynikiem tych badań jest 3-tomowe dzieło zbiorowe poświęcone filozofii przyrody rozwijanej w Krakowie w tym okresie (*Krakowska filozofia przyrody w okresie międzywojennym*, OBI – Biblos, Kraków – Tarnów, 2007). Paweł Polak był aktywnym uczestnikiem tamtego seminarium i współredaktorem tych trzech tomów. Jego własne badania krakowskiej filozofii przyrody nie mogły nie zwrócić jego uwagi na środowisko lwowskie (dwaj prominentni nauki krakowskiej – Smoluchowski i Zawirski – byli uprzednio związani ze Lwowem). Z czasem Paweł Polak z nieśmiałego uczestnika PAT-owskiego

seminarium przeobraził się w wytrawnego badacza historii polskiej nauki i filozofii.

Omawiana książka składa się ze wstępu, sześciu rozdziałów, pięciu aneksów oraz bogatego zestawu literatury. Bohaterem rozprawy (jeśli tak można powiedzieć) jest polemika wokół teorii względności, jaka rozegrała się w środowisku lwowskim w latach 1920-1921. Kompozycja rozprawy jest skoncentrowana na tej polemice. Wstęp zawiera cenne uwagi dotyczące spraw metodologicznych, m.in. także zagadnień terminologicznych. To ostatnie jest sprawą o tyle istotną, że w tego rodzaju badaniach trudno niekiedy ustrzec się przed pokusą narzucenia dzisiejszego rozumienia niektórych kluczowych terminów autorom piszących w tamtych czasach. Wstępne trzy rozdziały prowadzą czytelnika od pierwszych relacji o teorii względności w lwowskim środowisku (rozd. 1), poprzez dyskusje na temat eteru i elektronowej teorii Lorentza (rozd. 2) oraz podstaw mechaniki (rozd. 3), aż do samej polemiki. Została ona wywołana artykułem Juliana Zachariewicza, atakującym teorię względności, opublikowanym na łamach gazety „Słowo Polskie”. Artykuł ten spowodował odpowiedź profesora Politechniki Lwowskiej, Maksymiliana

Hubera. Rozpoczęła się trwająca kilka miesięcy dyskusja. Toczyła się ona głównie na łamach „Słowa Polskiego” i na zebraniach Lwowskiego Towarzystwa Politechnicznego. Brali w niej udział m.in.: Stanisław Loria i Zygmunt Zawirski (po stronie obrońców teorii względności). Dyskusja skoncentrowała się wokół filozoficznych aspektów teorii względności, ale błędy w jej rozumieniu prowokowały ze strony obrońców nawet bardziej systematyczne wykłady jej fizycznej treści. Inną charakterystyczną cechą polemik było to, że toczyły się one głównie w środowisku politechnicznym a nie uniwersyteckim. Jedną z przyczyn takiego stanu rzeczy było uprzednie zainteresowanie środowiska lwowskich inżynierów podstawami mechaniki, co przygotowało grunt pod recepcję teorii względności i wiążące się z tym przejawy opozycji względem nowych idei. Pokłosiem polemiki było zainteresowanie teorią względności we Lwowie i jej popularyzacja w tym środowisku (rozdz. 5).

Dyskusje stopniowo przekształciły się z ostrych polemik w filozoficzne analizy teorii względności i publikacje przeniosły się z prasy codziennej na łamy czasopism filozoficznych (rozdz. 6). Zakończenie rozprawy stanowi rodzaj podsumowania wraz z próbą syntetycznego spojrzenia na całość analiz przeprowadzonych w rozprawie.

Ważnym elementem rozprawy są aneksy. Autor przedstawia w nich

biogramy kilku bohaterów rozprawy (Bolesław Biegeleisen, Julian Zachariewicz, Waclaw Wolski), ale także tłumaczenie krótkiej korespondencji między Zachariewiczem i Einsteinem oraz zwięzłą „rozprawkę” na temat „przewartościowań”, jakie dokonały się w fizyce i filozofii pod koniec XIX w., które stworzyły grunt pod późniejsze dyskusje.

Podczas lektury tej monografii rzuca się w oczy ogromna i niezwykle skrupulatna praca wykonana przez autora. Wykorzystał on liczne archiwa (w tym Archiwum Einsteina w Jerozolimie), przebadął setki dokumentów, dotarł do unikatowych publikacji. Można wyczuć jego niemal ból, gdy jest zmuszony wyznać, że nie udało się mu dotrzeć do jakiejś recenzji czy innego skrawka informacji. W efekcie otrzymujemy książkę opartą na niezwykle bogatym materiale źródłowym. Pod tym względem praca jest całkowicie oryginalna. To nie tylko bardzo interesujące dzieje pewnej polemiki, lecz również portret naukowego środowiska Lwowa (oczywiście w aspektach, którymi interesuje się autor) na przestrzeni kilku pierwszych dekad XX stulecia. Ukazane są także w pewnym zakresie relacje Lwowa do innych ośrodków polskich (zwłaszcza Krakowa i Warszawy) i zagranicznych (Wiednia).

Monografia ma wyraźnie charakter analityczny. Główną techniką autora jest analiza zawartości publikacji (i innych dokumentów) związanych z tematem. Niejako

na marginesie tych analiz pojawiają się uwagi autora, rzucające światło na pewne zagadnienia społeczne i polityczne związane z nauką (np. podkreślenie roli współpracy ośrodków naukowych w różnych zaborach jako elementu jednoczącego narodowość). Niezwykle szczegółowy obraz, przedstawiony w książce, wymaga syntetycznego scalenia. Daje go zakończenie rozprawy.

Autor dość często odwołuje się do „filozofii przyrody”. Jest ona niekiedy dla niego jakby kryterium, którym mierzy on przydatność omawianych koncepcji. Co jednak należy rozumieć przez „filozofię przyrody”? Czy to określenie było używane w czasach, w jakich autor pisze? Jak je rozumiano? Czy autor odnosi omawiane przez siebie poglądy do współczesnego rozumienia filozofii przyrody? Jakiego, gdyż jest ich wiele?

Książkę Pawła Polaka uważam za wręcz unikatową pozycję. Nie jest ona na pewno lekturą „do poduszki”, ale stanowi ważne dokonanie dla historii polskiej nauki.

Michał Heller

**MATEMATYCZNA
A FILOZOFICZNA TEORIA
MIARY**

◇ Roman Marcin Olejnik,
*Matematyczna teoria miary
a metodologiczne analizy procedur*

pomiarowych, Rozprawy OBI, OBI – Kraków, Biblos – Tarnów, 2011, ss. 253.

Problem, z jakim zmierzył się autor tej monografii, jest następujący. Ponieważ pomiar jest ważnym zabiegiem zarówno w naukowej praktyce badawczej, jak i w filozoficznej refleksji nad nauką, nic dziwnego, że filozofowie nauki i metodologowie poświęcili mu wiele uwagi. Stworzyli oni szereg modeli formalnych pomiaru. Najczęściej modele te mają postać systemu quasiaksjomatycznego, czyli aksjomatycznie przyjętych założeń, z których mają wynikać różne własności pomiarów i twierdzenia dotyczące procedur pomiarowych. Jest rzeczą zaskakującą, że w tych modelach autorzy nie odwołują się do matematycznej teorii miary. Jest to jeden z podstawowych działów matematyki, niejako predysponowany do tego, by znaleźć zastosowanie do analizy pomiaru w różnych naukach. Habilitant postanowił wypełnić ten brak i stworzyć formalny model pomiaru w oparciu o matematyczną teorię miary. Zamyśl ten zrealizował w swojej rozprawie. Dane do swojego modelu zebrał z kilku źródeł: oczywiście z matematycznej teorii miary, ale także z różnych modeli procedur pomiarowych tworzonych przez filozofów oraz, w jeszcze większym stopniu, z opracowań dotyczących pomiaru sporządzanych przez metrologów. Dane te w istotny sposób uzu-

pełnił własnymi pomysłami, zwłaszcza dotyczącymi przejścia od formalnych struktur matematycznych do przestrzeni obiektów fizycznych i ich mierzalnych cech, które poddaje się pomiarowi.

Model Olejnika w zarysie wygląda następująco. Wyodrębnienie obiektów fizycznych, na których będzie się dokonywać pomiar, to zaledwie praca przygotowawcza. Trzeba także wyodrębnić tę cechę (przejaw) obiektów, którą będzie się mierzyć. W tym celu tworzy się abstrakcyjną przestrzeń, przestrzeń przejawów, która odwzorowuje interesujące nas własności świata fizycznego. Następnie, za pomocą funkcji skali przekształcamy tę abstrakcyjną przestrzeń w przestrzeń liczbową. Na niej określamy funkcję miary. I tu właśnie możemy zastosować niezwykle bogatą matematyczną teorię miary. Kluczowym zagadnieniem jest przenoszenie własności empirycznych ze świata fizycznego na strukturę przestrzeni matematycznej i odwrotnie. W tym celu należy dokonać topologizacji przestrzeni fizycznej („świata fizycznego”) i ustalić homeomorfizm z jednej przestrzeni na drugą, zachowujący zasadnicze elementy związane z pomiarem. Założenia, jakie należy poczynić, by cały zabieg był wykonalny, autor nazywa definicjami pomostowymi i dokładnie je konstruuje. Swój model autor „testuje” na przykładzie dwóch pomiarów uważanych za podstawowe w fizyce, mianowicie pomiarów długości i masy.

Autor rozpatruje ciekawe zagadnienie o wyraźnym znaczeniu filozoficznym: czy wszystko daje się zmierzyć? W okresie dominacji pozytywizmu odpowiedź twierdząca na to pytanie wydawała się oczywista. Tymczasem wiadomo, że w matematycznej teorii miary istnieją zbiory niemierzalne, np. zbiór Vitaliego (pewien podzbiór przestrzeni liczb rzeczywistych; jest on niemierzalny w sensie Lebesgue’a). Olejnik pokazuje, że przeniesienie tego zbioru na przestrzeń fizyczną także daje obiekt niemierzalny. Jest to interesujący wynik.

Długi rozdział 2 rozprawy (ss. 35-106) przedstawia „elementy matematycznej teorii miary”. Prezentuje on materiał znany matematykom, ale dobrze, że znalazł się on w rozprawie. Nawet matematykowi wygodnie jest mieć pod ręką wszystkie definicje, z których autor potem korzysta. A dla filozofów, którzy nie są obeznani z tą problematyką, bez tego rozdziału praca byłaby nieczytelna.

W ostatnim rozdziale rozprawy autor omawia filozoficzne aspekty swojej pracy. Niektóre z tych aspektów mają charakter wyraźnie metodologiczny, inne są ważne dla filozofii przyrody. Olejnik omawia więc takie zagadnienia jak: abstrakcja i idealizacja, w szczególności abstrakcja metrologiczna, strukturalizm, a także szereg aspektów poznawczych dotyczących relacji „między światem teoretycznym i fizyczno-empirycznym”.

Rozdział ten jest interesujący, choć bardzo zwięzły.

Jest rzeczą godną uwagi, że monografia Olejnika doczekała się recenzji w *Świecie Nauki* (styczeń 2012, ss. 82-83) pióra Andrzeja Bieleckiego. Autor recenzji docenia oryginalność opracowania i poleca książkę „metrologom, inżynierom, fizykom, matematykom i filozofom zajmującym się metodologią nauk przyrodniczych oraz wszystkim, którzy nie boją się intelektualnych wyzwań”. Wyraża jednak pewien niedosyt spowodowany brakiem analiz dotyczących bardziej wyrafinowanych pomiarów charakterystycznych dla fizyki współczesnej, w szczególności dla mechaniki kwantowej, jak również pomiarów z dziedziny nauk biologicznych. Zgadzam się z tymi uwagami, ale trzeba zaznaczyć, że uwzględnienie tych zagadnień rozdułoby objętość tej książki do co najmniej podwójnych rozmiarów.

Rozprawa Marcina Olejnika wypełnia lukę w filozoficznej refleksji nad pomiarem, choć zapewne sprawy nie zamyka.

Michał Heller

***DUCHOWY PORTRET
PREKURSORA TEORII
WIELKIEGO WYBUCHU***

◇ Dominique Lambert, *Droga duchowa Georgesa Lemaître’a*,

W. Załuski, K. Mrówka (tłum.),
Biblos, Tarnów 2012, ss. 210.

Wydana w tarnowskim wydawnictwie Biblos książka Lamberta poświęcona jest Georgesowi Lemaître’owi – jednemu z twórców teorii Wielkiego Wybuchu, która obecnie stanowi integralną część standardowego modelu kosmologicznego. Lemaître jest stosunkowo mało znaną postacią kosmologii relatywistycznej, która w podręcznikach do historii nauki zwykle schodzi na drugi plan. Naukowy dorobek tego uczonego jest jednakże imponujący: jest on autorem Hipotezy Pierwotnego Atomu, którą stała się pierwowzorem teorii znanej współcześnie jako teoria Wielkiego Wybuchu; jako pierwszy zastosował w kosmologii fizykę kwantową; przewidział istnienie mikrofalowego promieniowania tła i przyspieszenie ekspansji Wszechświata. Naukowe hipotezy i przewidywania Lemaître’a zostały eksperymentalnie potwierdzone najpierw przez obserwacje Hubble’a, a następnie – już po śmierci Lemaître’a – przez odkrycia Penziasa i Wilsona (1965), oraz przez współczesne obserwacje supernowych oraz wyniki badań dotyczących ciemnej energii. Lambert nie koncentruje się jednakże w swojej publikacji na naukowych dokonaniach Lemaître’a, ale ukazuje go w całkowicie innej perspektywie, która na pierwszy rzut oka nie ma z nauką nic wspólnego. Georges Lemaître był bowiem nie tylko

uczonym zaangażowanym w rozwijanie teorii wyjaśniającej ewolucję Wszechświata w ramach kosmologii relatywistycznej; był również księdzem katolickim. Jeśli nawet z dostępnych współcześnie publikacji można dowiedzieć się o naukowym dorobku Lemaître'a, to nie ma tam żadnych informacji o życiu duchowym i kapłańskim tego uczonego, ani o tym, w jaki sposób on sam ujmował relacje pomiędzy swoją wiarą religijną i swoją wiedzą naukową. Lambert przybliży czytelnikowi w swojej książce właśnie te zagadnienia.

Książka składa się z ośmiu rozdziałów uzupełnionych o galerię fotografii i indeksy, a także o zapis niepublikowanego wykładu Lemaître'a z 23 czerwca 1963 r. („Wszechświat i atom”), który stanowi jeden z ostatnich tekstów tego uczonego dotyczących jego koncepcji kosmologicznych. W pierwszym rozdziale książki Lambert przedstawia krótko życiorys Lemaître'a i koncentruje się na zaprezentowaniu najważniejszych etapów jego naukowego rozwoju – przede wszystkim zaś ukazuje, w jaki sposób ewoluowały kosmologiczne idee Lemaître'a (zwłaszcza jego hipoteza atomu pierwotnego), i z jakim spotkały się przyjęciem w świecie naukowym. W rozdziale drugim Lambert przechodzi do właściwego tematu swojej książki, to znaczy do duchowej drogi Lemaître'a. Przyjmując kryterium chronologiczne, omawia najpierw czynniki które wpłynęły na osobowość i duchowość dorastają-

cego Georges'a; prezentuje jego młodościowe fascynacje religią; wskazuje na lektury kształtujące światopogląd przyszłego kosmologa, a także na jego przyjaźnie (Leon Bloy, Joris Van Severen) z okresu I wojny światowej, w czasie której Lemaître pełnił służbę wojskową w stopniu adiunkta artylerii. W rozdziale trzecim Lambert zajmuje się „teologiczną” genezą hipotezy kosmologicznej Lemaître'a, to znaczy jego analizami z zakresu egzegezy biblijnej przeprowadzanymi w czasach seminaryjnych, w których można się dopatrywać odległych inspiracji teologicznych dla późniejszej hipotezy atomu pierwotnego. W rozdziale czwartym i piątym Lambert koncentruje się na duchowości Lemaître'a, ukazując go jako gorliwego i rozmodlonego księdza, będącego członkiem Fraterni Kapłańskiej nazywanej „Przyjaciółmi Jezusa”, który nawet wtedy, gdy był zaangażowany w nauczanie i pracę badawczą na uniwersytecie Louvain, nie zaniedbywał życia modlitwy i aktywności apostołowskiej (np. opiekował się studentami z Chin). Na szczególną uwagę zasługują rozdziały szósty i siódmy, w których autor zajmuje się zagadnieniem wzajemnej relacji pomiędzy hipotezą pierwotnego atomu i teologiczną koncepcją stworzenia świata przez Boga. Lemaître był świadomy tego, że jego hipotezę wyjaśniającą powstanie Wszechświata w bardzo wielu środowiskach – zarówno kościelnych jak i świeckich – interpretowano jako koncepcję

sformułowaną w celach apologetycznych. Nic dziwnego, że uczony ten przykładał ogromną wagę do tego, by w swoich publikacjach i wystąpieniach podkreślać metodologiczną odrębność kosmologii i teologii; odrębność, która nie pozwala na traktowanie hipotezy ściśle naukowej w kategoriach „dowodu” na stworzenie świata przez Boga. To m.in. interwencja Lemaître’a spowodowała, że papież Pius XII zrezygnował z odwoływania się do hipotez kosmologicznych (a zwłaszcza do hipotezy atomu pierwotnego) w swoich przemówieniach dotyczących obecności Boga w świecie przyrody. W ostatnim, ósmym rozdziale książki, Lambert porównuje ze sobą „drogę duchową” Lemaître’a i dwóch innych uczonych, którzy z pewnych względów są do niego podobni: jednym z nich jest Pierre Teilhard de Chardin, drugim – Blaise Pascal.

Książkę Lamberta można polecić nie tylko tym, którzy interesują się historią kosmologii relatywistycznej i poszukują informacji o prekursorze teorii Wielkiego Wybuchu (*Droga duchowa* jest kopalnią wiedzy o Lemaître, i to zarówno o jego dokonaniach naukowych, jak i o życiu prywatnym); jest to również książka dla wszystkich, którzy poszukują odpowiedzi na pytania z zakresu problematyki nauka – wiara. Na omawianych w książce przykładach można zaobserwować, w jaki sposób u Lemaître’ego rodziła się, i jak dojrzewała świadomość me-

todologicznych różnic pomiędzy poznaniem ściśle naukowym i teologicznym, i w jaki sposób świadomość ta pozwoliła temu uczonemu zbudować spójny światopogląd, w którym wiara religijna i wiedza naukowa nie tylko nie są w żadnym konflikcie, ale w owocny sposób ze sobą współdziałają. Takiej postawy można się uczyć od Lemaître’ego również i dzisiaj – zwłaszcza że problematyka wzajemnych relacji pomiędzy nauką i wiarą obfituje obecnie w nowe pytania i kolejne problemy, dla których nie można znaleźć łatwych i jednoznacznych rozwiązań. Nie ulega wątpliwości, że *duchowa droga* prekursora teorii Wielkiego Wybuchu zawiera wartościowe wskazówki, jak takich rozwiązań poszukiwać.

Tadeusz Pabjan

JESZCZE JEDNA HISTORIA MECHANIKI KWANTOWEJ

◇ M. Kumar, *Kwantowy świat. Einstein, Bohr i wielki spór o naturę rzeczywistości*, U. i M. Seweryński (tłum.), Prószyński i S-ka, Warszawa 2012, ss. 496.

W historii nauki miało miejsce przynajmniej kilka przewrotów, które można określić kuhnowskim terminem rewolucji naukowej, jednakże żaden z nich nie wzbudził tyle kontrowersji, i nie był źródłem tylu zacieklejczych sporów interpretacyjnych, co powstanie mechaniki kwan-

towej. Osobliwość i doniosłość tego przewrotu uwarunkowana była wieloma niezależnymi czynnikami – ściśle naukowymi, ale także filozoficznymi, psychologicznymi, społecznymi, a nawet politycznymi – które od lat są wdzięcznym tematem analiz dla historyków, socjologów i filozofów nauki, i których omówienie można znaleźć w niemal każdym opracowaniu poświęconemu genezie tej teorii. Mechanika kwantowa jest teorią pełną paradoksów, z których pierwszym – i kto wie czy nie najbardziej zaskakującym dla samych jej twórców – było to, że pojawiła się ona na arenie nauki wtedy, gdy uczeni zdążyli już oswoić się z myślą, iż budowa gmachu fizyki jest definitywnie ukończona, i jedyne co pozostało jeszcze do zrobienia adeptom tej dziedziny, to znalezienie rozwiązania kilku mało istotnych problemów w ramach najważniejszych teorii fizycznych, a potem już tylko określanie wartości stałych fizycznych na odległych miejscach po przecinku. Innym paradoksem mechaniki kwantowej okazało się to, że teoria ta pozwoliła zajrzeć pod powłokę świata przyrody rządzonego prawami fizyki klasycznej i dostrzec zarys fundamentalnego poziomu fizycznej rzeczywistości, którego istnienia nie spodziewał się żaden z fizyków przekonanych o „zupełności” i całkowitej wystarczalności fizyki makroskopowej, i który na dodatek zadziwiał a nawet przerażał swoją tajemniczością i za-

sadniczą odmiennością od kategorii znanych z fizyki klasycznej.

Mechanika kwantowa nie pojawiła się od razu w gotowej postaci – jej powstanie przypominało raczej mozolne i długotrwałe rozwiązywanie wyjątkowo skomplikowanej krzyżówki, w której poszczególne hasła odgadywane były w przeciągu niemal trzydziestu lat w różnych ośrodkach naukowych przez niezależnie od siebie pracujących fizyków. Całości obrazu dopełnia jeszcze skomplikowany i abstrakcyjny aparat matematyczny wykorzystany do zbudowania formalizmu tej teorii, i zażarte spory o interpretację jego poszczególnych elementów, w które niemal natychmiast po sformułowaniu mechaniki kwantowej włączyły się wszystkie autorytety naukowe pierwszej połowy XX wieku. Zapoczątkowany w tym okresie spór o interpretację tej teorii – co samo w sobie jawi się jako kolejny paradoks – do dzisiaj nie został jednoznacznie rozstrzygnięty – pomimo tego, że przewidywania mechaniki kwantowej zostały po wielokroć z wielką dokładnością potwierdzone doświadczalnie, i że praktyczne zastosowania formalizmu tej teorii umożliwiły przyprowadzający o zawrót głowy postęp technologiczny. Do długiej listy paradoksów związanych z mechaniką kwantową dochodzi jeszcze i to, że spór o interpretację tej teorii – jednej z najlepiej potwierdzonych i zarazem najbardziej zaawansowanych teorii współczesnej nauki –

w dużej mierze jest sporem o pojęcia i koncepcje typowo filozoficzne.

Na polskim rynku wydawniczym pojawiła się właśnie książka autorstwa Manjita Kumara zatytułowana *Kwantowy świat*, będąca kolejną publikacją na i tak już długiej liście popularnonaukowych wydawnictw poświęconych historii i interpretacji mechaniki kwantowej. Skoro lista jest długa, to czy potrzebne są na niej kolejne pozycje? Czy w nowych książkach może znaleźć się coś, czego nie było w starych? Każdy kto zetknął się z mechaniką kwantową wie, jak bogatą i wielowątkową historię ma za sobą ta teoria. Konsekwencją tego bogactwa i wielowątkowości jest to, że autorzy zajmujący się problematyką mechaniki kwantowej ograniczają się zwykle do tego lub innego aspektu tej teorii, albo prezentują ją przez pryzmat wybranego problemu lub zagadnienia, ewentualnie ukazują jej historię z punktu widzenia konkretnego fizyka, który w pewien sposób przyczynił się do stworzenia matematycznego formalizmu tej teorii lub brał udział w sporze o jego interpretację. Na tle tego rodzaju mniej lub bardziej zawężonych tematycznie opracowań książka Kumara wyróżnia się całościowym, starannym i dogłębnym ujęciem historii mechaniki kwantowej i problemu interpretacji tej teorii. Autor ujmuje czytelnika swoim stylem (doskonale wywiązali się ze swego zadania tłumacze polskiego wydania – Urszula i Mariusz Seweryński) – lek-

kim i komunikatywnym, a zarazem precyzyjnym i dosadnym. W tekście nie ma sztucznej pozy ani siłenia się na oryginalność która tak bardzo irytuje podczas lektury opracowań popularnonaukowych przygotowywanych przez dziennikarzy albo nawet samych naukowców starających się za wszelką cenę sprostać wymogom komercyjnego rynku wydawniczego. Istotną zaletą książki jest to, że Kumar unika zbędnych dywagacji i koncentruje się na faktach z historii mechaniki kwantowej, wyjaśnia pojęcia i tłumaczy problemy z zakresu tej teorii, a jego komentarze są rzeczowe i zawsze ograniczone do zagadnienia, którym akurat się zajmuje. Taki styl pozwala czytelnikowi bardzo szybko nabra przekonania, że autor nie jest stronniczy i nie stara się nadawać prezentowanej przez siebie historii własnej interpretacji, i że jest świadom tego, iż jego rolą jest obiektywne przedstawienie argumentów wielu niezależnych stron biorących udział w sporze o interpretację mechaniki kwantowej.

W *Kwantowym świecie* jest wszystko co powinno się znaleźć w publikacji ukazującej w dogłębnym i wyczerpującym sposób historię mechaniki kwantowej: autor rozpoczyna swoją opowieść wybranymi epizodami dotyczącymi fizyki końca XIX wieku, których znajomość jest niezbędna do zrozumienia istoty problemu dręczącego Plancka i innych fizyków przełomu wieków, a następnie szczegółowo przedstawia rozwój

zdarzeń składających się na starszą, a później właściwą, teorię kwantów; ukazuje również dalsze losy tej teorii latach 30. i 40. XX wieku, kiedy to miały miejsce najważniejsze odwołania do interpretacji mechaniki kwantowej, i zamyka swoją książkę krótkim rozdziałem poświęconym twierdzeniu Bella, w podsumowaniu wspominając również o współczesnych rozbieżnościach interpretacyjnych dotyczących tej teorii, i wskazując na te problemy fizyki kwantowej, dla których uczonym do dzisiaj nie udało się znaleźć zadowalającego rozwiązania, i które *de facto* odpowiedzialne są za to, że zapoczątkowany przez Bohra i Einsteina spór nadal trwa. Książka jest kopalnią wiedzy o historii mechaniki kwantowej: autor z reporterską dokładnością odtwarza przebieg zdarzeń sprzed stu lat, starannie szkicując psychologiczne portrety wszystkich wspominanych przez siebie uczonych i przywołując nieznanne z innych opracowań szczegóły, które rzucają całkiem nowe światło na znane skądinąd fakty i epizody z ich życiorysów. Historia nauki jest tu skrupulatnie zsynchronizowana z historią powszechną: Kumar prezentuje kluczowe odkrycia uczonych zaangażowanych w tworzenie i rozwijanie mechaniki kwantowej na tle wydarzeń polityczno – społecznych danego okresu. Postaci znane z podręczników fizyki – przede wszystkim Albert Einstein i Niels Bohr, którym autor poświęca najwięcej uwagi – przestają w tej perspek-

tywie być pozbawionymi życia ikonami nauki i stają się żywymi ludźmi zmagającymi się z prozaicznymi problemami dnia codziennego. Doskonale oddany klimat epoki sprawia, że *Kwantowy świat* nie jest jedynie książką z zakresu historii czy filozofii nauki, ale zmienia się we wciągającą powieść historyczno – biograficzną, w której główne role odgrywają najważniejsi i najbardziej wpływowi uczeni XX wieku.

Książka Kumara zyskała opinię jednej z najlepiej napisanych prac popularnonaukowych, a o jej wartości może świadczyć to, że była nominowana do Nagrody BBC Samuela Johnsona, a także do Nagrody Royal Society. Oprócz wszystkich innych wspomnianych przednio zalet tej publikacji warto wspomnieć o dwóch (oprócz bibliografii i indeksu) dodatkach, które znacznie podnoszą jej walory: pierwszy z nich to szczegółowa „linia czasu”, na której wszystkie istotne wydarzenia omawiane w różnych kontekstach i na różnych miejscach książki zostały „poukładane” w chronologicznej kolejności; drugi dodatek to słownik zawierający wyjaśnienie wszystkich istotnych pojęć z zakresu mechaniki kwantowej, które pojawiają się w zasadniczym tekście książki. Nie ulega wątpliwości, że dla czytelników zainteresowanych historią nauki i nie zaznajomionych jeszcze z mechaniką kwantową książka Kumara będzie doskonałym przewodnikiem po labiryncie tej tak ważnej teorii fizycznej. Ale

do lektury *Kwantowego świata* warto również zachęcić tych, którzy znają już mechanikę kwantową z własnej praktyki badawczej lub z innych opracowań – z całą pewnością w publikacji tej znajdują wiele nieznanych wcześniej informacji dotyczących tej teorii, a sama lektura będzie również i dla nich prawdziwą przyjemnością.

Tadeusz Pabjan

**EKLEKTYCZNY DZIENNIK
PODRÓŻY POPULARYZATORA
NAUKI**

◇ A. Ananthaswamy, *Tajemnice Wszechświata. Podróż do granic fizyki*, Z. Łomnica (tłum.), Prószyński i S-ka, Warszawa 2012, ss. 320.

Popularyzowanie nauki nigdy nie było łatwym zadaniem przede wszystkim z tego powodu, że nie istnieje jeden prosty schemat czy sposób realizacji tego zadania, i w każdym konkretnym przypadku popularyzator nauki musi sam zdecydować, w jakim zakresie i przy pomocy jakich metod jego narracja zaznajomi czytelnika lub słuchacza z najbardziej istotnymi zagadnieniami danej dziedziny nauki, a w jakim – z przypadkowymi i mało ważnymi szczegółami, które z punktu widzenia teorii naukowych nie mają wielkiego znaczenia, ale które do tego stopnia przyciągną uwagę odbiorców tego typu przekazu, że niejako „przy okazji” poznają oni

zagadnienia, którymi w inny sposób nigdy by się nie zainteresowali. Sam sposób popularyzowania nauki nigdy nie był ani oczywisty ani jednoznaczny, i wiele wskazuje na to, że nie istnieją jasno określone kryteria pozwalające określić skuteczność różnych „metod” przybliżania nauki laikom. Należy pamiętać o tym, że skuteczność ta uzależniona jest od samego odbiorcy (jego wiedzy, wieku, charakteru, a nawet preferencji literackich), i to głównie z tego powodu jedni słuchacze lub czytelnicy preferują pozbawioną matematycznych wzorów i technicznych szczegółów narrację będącą w swej istocie systematycznym wykładem określonej teorii lub koncepcji naukowej, podczas gdy inni od systematycznego wykładu wolą anegdoty i różnego rodzaju ciekawostki związane z historią nauki, albo sięgają po biografie uczonych zaprezentowane z wykorzystaniem wartkiej narracji i bogatego zestawu środków literackich, które pozwalają oddać emocjonalne rozterki głównego bohatera albo w kunsztowny sposób przedstawić piękno otaczającej go przyrody. Nawet jeśli obraz świata nauki przedstawiony w tak nietypowy sposób różni się zasadniczo od obrazu nakreślonego przy pomocy „tradycyjnego” wykładu popularnonaukowego, to wcale nie musi to oznaczać, że tego typu „alternatywna” metoda popularyzacji jest gorsza lub mniej efektywna. W ostatecznym rozrachunku skuteczność różnego rodzaju metod alter-

natywnych może okazać się równie wielka jak metod tradycyjnych.

Opublikowanej przez wydawnictwo Prószyński i S-ka książki Anila Ananthaswamy'ego *Tajemnice Wszechświata* nie można zaliczyć do tradycyjnej literatury popularnonaukowej. To rodzaj dziennika „podróży do granic fizyki” (to określenie znalazło się w podtytule książki) – to znaczy do kilu odległych i trudno dostępnych miejsc na kuli ziemskiej, w których uczeni przeprowadzali przed laty (lub przeprowadzają obecnie) najbardziej zaawansowane eksperymenty naukowe z zakresu teorii względności, fizyki kwantowej i kosmologii relatywistycznej. Autor rozpoczyna swoją podróż na szczycie Mount Wilson w Kalifornii, gdzie znajduje się teleskop przy pomocy którego Hubble odkrył ekspansję Wszechświata, następnie przenosi się do kopalni rudy żelaza w Minesocie, gdzie przeprowadza się eksperymenty mające na celu odkrycie natury ciemnej materii; odwiedza jezioro Bajkał, w wodach którego poszukuje się odpowiedzi na pytanie o własności neutrin; zatrzymuje się w chilijskich Andach, gdzie trwają badania kosmicznego promieniowania tła, i na szczycie Manua Kea, gdzie przeprowadza się pomiary dotyczące ciemnej energii; wstępuje na afrykańską pustynię Kalahari by poznać pracę fizyków nad krzywizną Wszechświata; jedzie na Antarktydę, by snuć rozważania nad antymaterią, i na biegun południowy, by zastanawiać się nad możliwością

znalezienia kwantowej teorii grawitacji; wreszcie kończy swoją podróż w ośrodku CERN pod Genewą, gdzie w bezpośrednim sąsiedztwie akceleratora LHC analizuje problem supersymetrii, ocenia możliwość znalezienia cząstki Higgsa i zajmuje się kilku innymi kluczowymi dla współczesnej fizyki zagadnieniami.

Książka Ananthaswamy'ego jest bardzo nietypowym dziennikiem podróży: w rzeczywistości to publikacja z pogranicza eseju, powieści podróżniczej, pamiętnika, wywiadu i wydawnictwa ściśle naukowego. Elementy tych zasadniczo różniących się pod względem stylu i tematyki rodzajów literackich można znaleźć na kartach książki w całkowicie przypadkowych miejscach; autor przechodzi tu w sposób zupełnie dowolny od wywiadu ze spotykanymi fizykami do epizodów z historii nauki dotyczących zwiedzanego przez siebie miejsca, by następnie dać wyraz swemu zachwytowi nad pięknem krajobrazu, który aktualnie podziwia, a potem podać garść technicznych szczegółów dotyczących teleskopu lub detektora cząstek albo snuć osobiste refleksje na temat ciężkich warunków w których przyszło mu spędzać noc razem z uczonymi pracującymi w danym ośrodku.

Ocenę stylistycznego i tematycznego eklektyzmu, który jest rezultatem niczym nieskrępowanej swobody narracyjnej Ananthaswamy'ego, warto pozostawić czytelnikowi jego książki. Jak wiadomo,

o gustach – również literackich – nie należy dyskutować. Niewykluczone, że tego typu styl znajdzie swoich entuzjastów; jego niekwestionowaną zaletą jest bowiem to, że każdy z nawet najbardziej wybrednych odbiorców znajdzie w napisanej w taki sposób książce coś dla siebie (ostatecznie miłośnik biografii uczonych może pomijać wszystkie fragmenty dotyczące zagadnień typowo naukowych albo szczegółów związanych z podróżą autora, a poszukiwacz nowinek technicznych albo problemów ściśle naukowych nie musi czytać stronic na których znajdują się opisy krajobrazu albo wywiady z uczonymi). Jeśli jednak znalezienie tego „czegoś” sprowadza się do wertowania książki i pomijania jej sporych fragmentów, to zysk z tego typu lektury z całą pewnością nie będzie znaczny. Poza tym, wysoką ceną jaką należy zapłacić za popularyzowanie nauki w stylu eklektycznym jest brak należytej precyzji i ścisłości terminologicznej, prowadzący niekiedy do bardzo naciąganych analogii lub wprost do błędnych sformułowań. Każdorazowy „przeskok” od luźnej narracji charakterystycznej np. dla dziennika podróży do fragmentów dotyczących problemów ściśle naukowych, wymagających zachowania żelaznej logiki i precyzji terminologicznej wiąże się bowiem z nieuniknionym ryzykiem pomieszania stylów, prowadzącego do nieścisłości i błędów (tytułem przykładu: „jedną z najbardziej niezwykłych implikacji teorii strun

w jej obecnym kształcie jest istnienie wieloświata” (s. 16); „na początku XX wieku Wszechświat składał się z Drogi Mlecznej, a poza nią nic nie istniało” (s. 24); „kiedy długość fali światła się wydłuży, zaczyna wyglądać bardziej czerwono” (s. 26); „kiedy w 1916 roku Einstein opublikował swoją ogólną teorię względności, obalił tym samym newtonowską zasadę grawitacji” (s. 111)). Nawet jeśli tego typu niefortunne sformułowania są tylko i wyłącznie wynikiem niezbyt szczęśliwego tłumaczenia z języka angielskiego w którym książka została napisana (o tym, że konsultacja tłumacza z odpowiednim ekspertem nie do końca spełniła swoje zadanie mogą świadczyć pomyłki terminologiczne, np. „hipotetyczny grawiton” jest w książce nazywany „hipotetyczną grawitacją” (s. 177), a zamiast o ujemnej i dodatniej krzywiznie jest tu mowa o krzywiznie „negatywnej i pozytywnej” (s. 178)), to nie ulega wątpliwości, że rzucają one niekorzystne światło na skądinąd interesującą i zapewne wartościową publikację.

Czy eklektyczny styl popularyzacji nauki ma szansę na to, by zdominować ogólnoswiatowy rynek wydawniczy w pierwszych dekadach XXI wieku? Zdecydują o tym zapewne sami czytelnicy. I choćby po to, żeby poznać ten styl, i wyrobić sobie o nim własne zdanie, warto sięgnąć po książkę Ananthaswamy’ego.

Tadeusz Pabjan