

Ewa Bińczyk
Instytut Filozofii UMK

Praktyka laboratoryjna i warunki jej stabilności. Wokół stanowisk Pawła Zeidlera oraz Iana Hackinga¹

Artykuł przedstawia ujęcia nauki koncentrujące się na analizie praktyk laboratoryjnych. Chodzi o socjologię wiedzy naukowej, z której wyrastają studia nad nauką oraz technologią, a także o stanowisko polskiego filozofa, Pawła Zeidlera, który rozważa praktykę laboratoryjną chemii. Autorka zwraca uwagę na oryginalność stanowiska Zeidlera, wskazując jego zalety oraz słabości. Polemizując z Zeidlerem, proponuje ona alternatywną interpretację ujęcia Iana Hackinga, współtwórcy nurtu nowego eksperymentalizmu, który podejmuje problem stabilności nauk laboratoryjnych.

Laboratory Practice and Conditions of Its Stability. Remarks on Paweł Zeidler's and Ian Hacking's Views

The article presents the specificity of standpoints in which laboratory, instrumental and practical aspect of science is strongly underlined. This is mainly *Sociology of Scientific Knowledge (STS, Science and Technology Studies)*, but also the interesting conception of a Polish philosopher, Paweł Zeidler, who analyses laboratory practice of chemistry. The text indicates the originality of Zeidler's view, its merits and weak points. The author polemizes with Zeidler and proposes an alternative interpretation of Ian Hacking's perspective, who describes the roots of stability of laboratory practice.

Uwagi wstępne

Cele prezentowanego tu artykułu są następujące: po pierwsze, podkreślam w nim znaczenie i przedstawiam specyfikę takich podejść do nauki, które interpretują tę dziedzinę koncentrując się na analizie praktyk laboratoryjnych (a nie teorii naukowych). Chodzi o socjologię wiedzy naukowej, która powstała w latach 70. XX wieku z inspiracji tak zwanego mocnego programu socjologii wiedzy Szkoły Edynburskiej. Wyrastają z niej studia nad nauką oraz technologią (*STS, Science and Technology Studies*), a w ich ramach antropologia nauki oraz etnografia laboratorium, które podejmują analizy rzeczywistych czynności badawczych „w terenie” (w największym stopniu odnoszą się do ujęć Brunona Latoura, Karin Knorr-Cetiny, Andrew Pickeringa, Stevena Shapina i Trevora Pincha).

¹ Ewa.Binczyk@umk.pl. Tekst powstał w ramach realizacji grantu Narodowego Centrum Nauki [projekt badawczy własny zatytułowany (*Post*)konstruktywizm w badaniach nad nauką, umowa Nr 3284/B/H03/2011/40]. Autorka dziękuje anonimowym recenzentom artykułu za cenne uwagi merytoryczne i sugestie.

Co ciekawe, w polskiej filozofii nauki znajdziemy stanowisko poznańskiego badacza, Pawła Zeidlera, który również bardzo mocno skupia się na analizie praktyk laboratoryjnych chemii. Po drugie zatem, prezentuję szczegóły tego właśnie ujęcia. Jest to podejście filozoficzne warte uwagi: unikające mocnych intuicji realistycznych i reprezentacjonistycznych, uwypuklające poznawczą rolę metafor w „twardych” naukach przyrodniczych, a także podkreślające autonomię chemii, jej a-teoretyczność oraz nieredukowalność (do fizyki).

Po trzecie, w tekście wskazuję wybrane wątpliwości interpretacyjne wobec stanowiska poznańskiego autora. Dotyczą one kwestii właściwego dowartościowania antycypacji oraz istniejących już tradycji namysłu nad praktyką laboratoryjną. Słabości teoretycyzmu w namyśle nad nauką przekroczone zostały bowiem nie tylko w nurcie nowego eksperymentalizmu (wspominanego w narracjach Zeidlera), ale właśnie także w obrębie dorobku studiów nad nauką oraz technologią. Co więcej, wątpliwości wzbudza nadmierna ostrożność tego filozofa wobec dziedziny fizyki (konstatacje Zeidlera dotyczyć mają wyłącznie praktyki laboratoryjnej chemików).

Wreszcie, po czwarte, artykuł zawiera polemikę dotyczącą istotnego wątku objaśniania zjawiska stabilności nauk laboratoryjnych w ujęciu Zeidlera. Jak się wydaje, podejście poznańskiego badacza jest oparte na dość wybiórczej interpretacji poglądów kanadyjskiego filozofa, Iana Hackinga, współtwórcy nurtu nowego eksperymentalizmu. W końcowej części tekstu proponuję zatem alternatywne odczytanie tez Hackinga, problemu stabilności praktyk laboratoryjnych (a przy okazji także kilku innych, znaczących kwestii związanych z tematyką nauki). Jak uważam, kanadyjski filozof nie kwestionuje znaczenia tak zwanych czynników zewnętrznych w opisie nauki (charyzma badaczy, finansowanie, wpływy polityczne) i zależy mu przede wszystkim na wskazaniu takich przyczyn stabilności empirycznych nauk laboratoryjnych, które nie miałyby charakteru filozoficznego, normatywnego, ale naturalistycznego.

Studia nad nauką oraz technologią

Socjologia wiedzy naukowej, ewoluując w stronę studiów nad nauką oraz *technologią* rozwijała się i rozwija niezwykle dynamicznie i bardzo owocnie (por. Giere 1993).² Choć jest to nurt o proveniencji socjologicznej, jego założenia i konsekwencje o charakterze filozoficznym są bardzo wyraźne. Od lat 80. XX wieku obserwujemy tu rozwój badań dotyczących roli praktyki i majsterkowania w laboratoriach, kontrowersji w nauce, innowacji i katastrof technologicznych, społecznej roli eksperta, statusu ekspertyz (nurt Publicznego Rozumienia Nauki, *PUS*, *Public*

² *Society for Social Studies of Science* w roku 2008 liczyło około 1200 członków. Programy studiów licencjackich z STS wprowadzono obecnie na ponad dwudziestu uniwersytetach świata. Najbardziej prestiżowe pisma w obrębie omawianych tu badań to „*Social Studies of Science*” i „*Science, Technology, & Human Values*”.

Understanding of Science), a także politycznych problemów środowiska, ryzyka i monitorowania innowacji technologicznych (tak zwany „zwrot partycypacyjny” w latach 90. XX wieku). Obecnie badania te wchodzą w coraz wyraźniejsze związki z naukami kognitywnymi, w których analizowane jest tak zwane usytuowane i rozproszone poznanie (ang. *situated, distributed cognition*).

W świetle rezultatów badań nurtu STS oraz nauk kognitywnych okazuje się, że tak zwane „czyste” teoretyzowanie odgrywa mniejszą rolę w nauce, niż sądzimy (choć historycznie mogło ono funkcjonować w pewnych dyscyplinach i okresach dość autonomicznie), a także, iż na czym innym ono polega (niż to, co na ten temat wyobrażali sobie epistemologowie związani z tradycją analityczną). Mianowicie, praktyczny sukces nauki nie opiera się na przeprowadzaniu abstrakcyjnych logicznych rozumowań w głowach wyizolowanych badaczy, ale na zbiorowej, zinstytucjonalizowanej praktyce manipulowania danymi i instrumentami, stabilizowania rezultatów w urządzeniach materialnych, interweniowania, a także majsterkowania rozszerzeniami (eksternalizacjami, inskrypcjami) naszego umysłu, takimi jak wykresy, wzory chemiczne, symulacje komputerowe, czy prototypy.³ Rzecz jasna, nie znaczy to, że teoretyzowanie w nauce w ogóle nie występuje, jednak zrozumienie tego fenomenu wymaga uwzględnienia usytuowania podmiotu poznającego w szerszym kontekście czynników pozaludzkich i uwarunkowań społecznych oraz językowych.

Przedstawiciele omawianego obszaru badań piszą prace dotyczące *Nauki w akcji/w działaniu* (Latour 1987), *Nauki obserwowanej* (Knorr-Cetina, Mulkay 1983), *Nauki jako praktyki i jako kultury, czy wreszcie Magla praktyki* (Pickering 1992, 1995). Co więcej, coraz częściej podkreśla się tu, że współczesna nauka laboratoryjna (nie tylko chemia, ale też nanotechnologia, mikroelektronika, biotechnologia, czy biomedycyna) w dużym stopniu łączy w sobie aspekt poznawczy z wytwórczym. Trudno dziś mówić o „czystych” naukach podstawowych. W zamian, coraz częściej stosuje się pojęcia nauki post-akademickiej czy technonauki.

Jak sądzę, studia nad nauką oraz technologią charakteryzuje wyraźne odrzucenie teoretycyzmu, reprezentacjonizmu, a także przesądzeń o charakterze esencjalistycznym. Zachowuje się tutaj jednak pewną formę (minimalistycznego, zbanalizowanego) realizmu⁴. W ramach tego „łagodnego” (Barry Barnes), „naiwnego”

³ W tekście stosuję zarówno ogólne pojęcie „praktyki laboratoryjnej”, jak i pojęcie „praktyk laboratoryjnych” (odnoszące się do poszczególnych typów działań w laboratoriach). Pragnę zaznaczyć, że choć empiryczne badania przypadków w ramach STS często dotyczą nauk ścisłych, laboratoryjnych, to większość formułowanych w ich obrębie teorii odnosi się do praktyk poznawczych w ogóle, również w naukach nie kojarzonych z laboratoriami (matematyka, humanistyka). Chodzi na przykład o modele rozproszonego, usytuowanego poznania, poznania jako skutecznego działania, eksternalizacji myśli i funkcji poznawczych, delegowania poznania do otoczenia, roli inskrypcji czy technologii informacyjnych, takich jak pismo. Na temat sposobu definiowania „nauk laboratoryjnych” przez Hackinga i Latoura piszę niżej.

⁴ Pisałam na ten temat wcześniej (Bińczyk 2010, 2010a, 2012). W świetle mej wiedzy, nie istnieją opracowania, które omawiałyby wskazane tu epistemologiczne założenia nurtu STS. Dostępne prace zachodnie nie dokonują pogłębionej, filozoficznej analizy porównawczej stanowisk tego obszaru (por. np. Bucchi 2004; Yearley

(Bruno Latour) czy „pragmatycznego” realizmu (Andrew Pickering) badacze z obszaru STS próbują oddać ideę „obiektywności autonomicznej względem ‘realności’” (do kwestii tej wracam niżej). Zamiast o reprezentacji, badacze w nurcie STS piszą o adaptacji, interaktywnej stabilizacji heterogenicznych elementów w praktyce laboratoryjnej, solidnym dopasowaniu warstwy materialnej, konceptualnej, eksperymentalnej oraz zasobów innego rodzaju (społecznych, politycznych, itd.). Produkty solidnie dopasowane w praktyce badawczej mają szansę okazać się trwałymi, obiektywnymi faktami. Nie znaczy to jednak, że można dowolnie dopasować wszystko.

Warto podkreślić, że badania nurtu STS charakteryzuje postpozytywistyczny, metodologiczny naturalizm w opisie nauki. Naturalistycznie objaśnia się tutaj uwarunkowania praktycznego sukcesu nauki oraz profesjonalizm badaczy. W pracach badaczy nurtu STS nie znajdziemy jednak naturalizmu rozumianego jako rozbudowane stanowisko filozoficzne, które zawierałoby rozstrzygnięcia ontologiczne.⁵ Naturalizm metodologiczny głosi jedynie, iż winniśmy poszukiwać wyjaśnień naturalistycznych – formułowanych w języku obecnie uznawanych teorii naukowych (wystrzegając się pojęć pozanaturalnych oraz kategorii apriorycznych, normatywnych, takich jak prawda, ostateczna reprezentacja, reguły rozumu, uniwersalne normy Metody Naukowej). Naturaliści nie budują normatywnych modeli nauki, ale deskryptywne, mogą oni jednak, prócz opisywania poszczególnych mechanizmów czy też zjawisk, tworzyć bardziej ambitne, rozbudowane, teoretyczne ujęcia nauki.

Już mocny program socjologii wiedzy, co podkreślali zarówno jego twórcy, jak i komentatorzy, postulował „naturalistyczną” rekonstrukcję przekonania (także przekonania naukowych) (Barnes, Bloor, Henry 1996: 3, 173, 182; Nola 2008: 263-266; Sismondo 2010: 47; por. też Bińczyk 2010b).⁶ Naturalizm oznaczał w tym kontekście przedstawianie wyjaśnień, które pochodzą wyłącznie z obszaru nauk empirycznych (psychologia, socjologia, nauki kognitywne oraz biologiczne). Opisuując fenomen ludzkiej wiedzy (również nauk ścisłych, matematyki i logiki), przedstawiciele Szkoły Edynburskiej systematycznie unikali odwołań do filozoficznych pojęć normatywnych, takich jak prawdziwość czy też racjonalność.

Niestety, w Polsce omawiany obszar studiów nad nauką oraz technologią często jest interpretowany jako społeczny redukcjonizm, konstruktywizm społeczny, skrajny relatywizm, relatywizm ontologiczny czy też bliżej niedookreślony anty-

2005; Sismondo 2010). Co prawda, istnieje praca Steve’a Fullera, *The Philosophy of Science and Technology Studies* (Fuller 2006), uważam jednak, że porusza ona tematy marginalne, opracowane w dość swobodny sposób (znajdziemy w niej na przykład porównania opozycji teoretycznych występujących w obrębie STS do dysput średniowiecznych).

⁵ Na temat możliwości przyjęcia naturalizmu metodologicznego, bez rozważania zasadności naturalizmu ontologicznego, pisze Ronald N. Giere (2008). Należy jednak podkreślić, że przecież za wyborami metodologicznymi zawsze skrywają się nasze milcząco przyjmowane przesądzenia ontologiczne (i aksjologiczne).

⁶ Zaznaczmy jednak, że ujęcie twórców Szkoły Edynburskiej wciąż było mocno skoncentrowane na analizie przekonania naukowych (a nie praktyk laboratoryjnych).

naukowy postmodernizm (por. np. Grobler 2006: 275; Grudka 2003: 79-80; Sady 2011: 21). Wydaje się to zadziwiające w świetle wiedzy na temat ewolucji tego nurtu, jego wyraźnego naturalizmu metodologicznego oraz *explicite* artykułowanego w wielu tekstach odrzucenia metafory konstruktywizmu *społecznego*, a nawet samej metafory *konstruowania*, na rzecz takich pojęć jak enakcja, performatywność, fabrykowanie, czy też wspomniane wyżej usytuowane i rozproszone poznanie.

Stanowisko Zeidlera

W dalszej części tekstu przyjrzyć się bardziej szczegółowo sposobowi ujmowania praktyki laboratoryjnej Zeidlera, koncentrując się na ustaleniach zawartych w najnowszej pracy tego autora, *Chemia w świetle filozofii. Studia z filozofii, metodologii i semiotyki chemii* (Zeidler 2011).⁷ Książka ta zasługuje na komentarz z kilku ważnych powodów. Jest to pozycja, która zawiera szereg oryginalnych tez, niestandardowo portretując naukę, chemię i laboratorium (w porównaniu z większością interpretacji obecnych dotąd w polskiej epistemologii, filozofii nauki, jak również filozofii przyrody). Wypełnia ona również pewne luki zaznaczające się w filozoficznym namyśle nad specyfiką nauk przyrodniczych. Filozofia nauki, zarówno w Polsce, jak i na świecie, z czego zapewne zdaje sobie sprawę każdy student trzeciego roku filozofii, zaniedbywała dotąd chemię (koncentrując się przede wszystkim na fizyce, z której zaczerpnięte zostały niemal wszystkie przykłady wykorzystywane przez Thomasa Kuhna, Paula Feyerabenda czy podręczniki z filozofii nauki).⁸ Zinstytucjonalizowana filozofia chemii, wyodrębniona z obszaru filozofii przyrody, pojawiła się dopiero w latach 90. XX wieku!⁹ Tymczasem Zeidler wzbogaca swoje argumentacje filozoficzne i rozważania metodologiczne fascynującymi ilustracjami z tej właśnie dziedziny. Ich wartość, zarówno dla laików, jak i specjalistów, jest niebagatelna.

Chemii należy się szczególna uwaga filozofów, ponieważ zdaniem Zeidlera jest to dziedzina o wyjątkowych parametrach. Przede wszystkim jest ona paradygmatyczną nauką laboratoryjną. Centralną rolę odgrywa tu praktyka, a nie teoretyzowanie. Praktyka laboratoryjna chemii ma na celu eksperymentowanie, manipulowanie i interweniowanie, a także wytwarzanie nowych substancji o pożądanym

⁷ Omawiana praca składa się z trzynastu artykułów. Dwa z nich opublikowane zostały po raz pierwszy. Są to teksty *Metodologiczne i semiotyczne aspekty modelowania teoretycznego w chemii* oraz *O funkcjach metafory w praktyce badawczej chemii*. Jedenaście artykułów ukazało się wcześniej, w latach 1999-2010, w czasopiśmie filozoficznych lub pracach zbiorowych. Na potrzeby książki zostały one jednak poddane ponownej redakcji i modyfikacji.

⁸ Wyjątkowe w tym zakresie w literaturze polskojęzycznej były jedynie prace Danuty Sobczyńskiej (1984) oraz Ewy Zielonackiej-Lis (2003).

⁹ Najważniejsze przyczyny marginalizowania namysłu nad chemią w obrębie filozofii nauki skoncetrowanie tej dziedziny na badaniu teorii (których brakowało w chemii), a także dominacja przekonania, że chemia może być zredukowana do fizyki – nie jest zatem dyscypliną autonomiczną i nie wymaga niezależnego namysłu (por. Zeidler 2011: 79, 15).

właściwościach, z których większość w ogóle nie występuje w przyrodzie w stanie naturalnym.

Jak podkreśla autor, chemia jest dyscypliną, której praktyczne efekty „w sposób istotny zmieniły oblicze współczesnej cywilizacji”. Rzecz jasna, ma ona silne powiązania z przemysłem oraz technologią, które z kolei wciąż modyfikują rozległe obszary naszego życia zbiorowego, a także środowiska. Szacuje się na przykład, że w roku 2001 w laboratoriach chemicznych wytworzono około 1,6 miliona substancji, nie istniejących wcześniej w przyrodzie (Zeidler 2011: 31 i n.). Kilkaset nowych tworzyw przemysłowych wprowadzanych każdego roku na rynek taki jak polski sprawia (między innymi), że strażacy muszą wciąż od nowa uczyć się radzenia sobie z pożarami o nieprzewidywalnych przebiegach, w których produkty te wchodzi z sobą w zaskakujące interakcje. Wytwory pracy laboratoryjnej mogą posiadać niezamierzone konsekwencje, wywołując w wybranych miejscach efekty destabilizacji. Zatem, dziedzina chemii, również z uwagi na jej znaczenie gospodarcze, polityczne i cywilizacyjne nie powinna być zaniedbywana.¹⁰

Chemia nie jest nauką teoretyczną

Jak sugeruje poznański filozof, chemia w małym stopniu, albo też w ogóle nie jest dziedziną teoretyczną. Jest ona bardziej dyscypliną klasyfikującą, opisową, niż nomologiczną. Szczegółową analizę teoretycznych składników praktyki badawczej chemii zawiera tekst *O teoretyczności chemii – studium metodologiczne*. Współczesna chemia jest nauką, w której niezwykle trudno odseparować aspekt wytwórczy od aspektu „czysto” poznawczego, „czysto” teoretycznego. Zasada się ona przede wszystkim na praktyce laboratoryjnej, eksperymentach nastawionych na manipulowanie, interweniowanie oraz wytwarzanie nowych efektów i substancji. Kluczem do sukcesu jest tu powtarzalność rezultatów oraz umiejętne izolowanie układów.¹¹ Zeidler podkreśla, że trudno zlokalizować obszar autonomicznej chemii teoretycznej (choć możliwe jest na przykład wskazanie „czysto” teoretycznej fizyki). W chemii brakuje szeroko zakrojonych, dedukcyjnych, ścisłych teorii fundamentalnych.¹²

¹⁰ Zeidler nie podejmuje jednak tego tematu, komentowana tu książka stawia sobie bowiem inne cele. Na temat niepożądanych następstw sukcesu nauki oraz technologii zob. Bińczyk 2012.

¹¹ W tekście *Czy alchemia była protochemią? Studium metodologiczno-historyczne* autor przekonuje, że nie można utrzymać tezy, jakoby praktyki laboratoryjne chemii wywodziły się z pracowni alchemików. Alchemię charakteryzowała bowiem niewielka powtarzalność oraz odtwarzalność rezultatów (Zeidler 2011: 50). Alchemikom prawdopodobnie udało się wytworzyć kilka nieznanych wcześniej substancji chemicznych (takich jak kwasy organiczne i zasady, antymon oraz fosfor). Nie umieli oni jednak utrzymywać i kontrolować temperatury, zbierać lotnych produktów spalania, a także nie określali wagi substratów. W niniejszym kontekście historycznym, dużo większą rolę odegrali rzemieślnicy, farbiarze, metalurgowie, aptekarze i medycy. To właśnie oni odegrali rolę antycypatorów chemii, opracowali bowiem wiele powtarzalnych technik chemicznej pracy laboratoryjnej, jak choćby procedury destylacji, rektyfikacji, sublimacji czy też krystalizacji.

¹² Autor dyskusowanej tu książki posługuje się terminem teorii fundamentalnych, stosowanym m.in. przez Nancy Cartwright. Są to teorie zawierające prawa fundamentalne, pełniące funkcję wyjaśniającą, formułowane w odniesieniu do szerokich dziedzin zastosowań, spełniane jednak wyłącznie w modelach, które opisują sytuacje

Dysponuje ona jedynie „szczegółowym katalogiem typów reakcji chemicznych, który zawiera opisy (mechanizmy) ich przebiegu sformułowane w aparacie pojęciowym różnych koncepcji” (Zeidler 2011: 22). Zamiast teorii chemicy posługują się hipotezami o charakterze lokalnym, hipotezami modelującymi działanie aparatury, wykorzystując przy tym dość niejednorodną wiedzę podstawową.¹³ W chemii nie ma odwołań do praw ogólnych, są za to konkretne wyjaśnienia przyczynowe, wyjaśniające dany fakt poprzez wskazanie występowania lub niewystępowania jakiegoś czynnika czy warunku.

To, co sami chemicy nazywają teoriami (na przykład teoria rodników, podstawień, orbitali molekularnych, wiązań walencyjnych czy też elektronowa teoria wiązań Lewisa), nie spełnia filozoficznych, metodologicznych wymogów bycia teorią (to znaczy bycia systemem dedukcyjnym, sformułowanym w języku zmatematyzowanym, zawierającym prawa ściśle ogólne). Język chemii pozwala się matematyzować tylko w niewielkim stopniu. Co więcej, jak pisze Zeidler, również zakres obowiązywania praw chemicznych jest bardzo ograniczony, „założenia idealizacyjne sprawiają, że wiele struktur, które można wydedukować z przyjętych aksjomatów, nie posiada swoich rzeczywistych odpowiedników” (Zeidler 2011: 58). W chemii występują raczej prawa o charakterze lokalnym, odnoszące się do konkretnych zjawisk, ustalane na podstawie eksperymentów, testowane przez bezpośrednie pomiary – na przykład równania szybkości reakcji. Nie można nawet uznać, że w chemii dysponujemy „teorią” molekularnej mechaniki kwantowej – są to raczej metody wiązań walencyjnych czy metody orbitali molekularnych.

Autonomiczność chemii (wobec fizyki)

W opinii Zeidlera nie można (z)redukować chemii do fizyki, nie należy jednak z tego powodu rozpaczać. W tekście *O redukcji chemii do fizyki, czyli o pewnym przesądzie filozoficznej refleksji nad nauką* autor ten rozważa przede wszystkim możliwość redukcji epistemologicznej (choć kwestii redukcji ontologicznej również poświęca on nieco miejsca). Poznański filozof nie zgadza się z tezą, że redukcowanie jednej dziedziny do drugiej zawsze przynosi korzyści poznawcze, udoskonalając nasze możliwości rozumienia. Podkreśla on, że prawa teorii chemicznych nie wynikają logicznie z praw teorii fizyki i założeń dodatkowych. Z jednej strony jest to konsekwencją wspomnianego wyżej faktu, że w chemii nie występują teorie fundamentalne. Nie ma zatem wobec czego przeprowadzać zabiegów redukcji.

wyidealizowane. Można powiedzieć, że są one teoriami o największych ambicjach poznawczych, teoriami przez duże „T”.

¹³ W chemii nie ma „czystej” teorii, ale i nie występuje tutaj zupełnie wolna od teorii praktyka. Nie zawsze jednak elementy teoretyczne są widoczne i obecne *explicite* w procesie badawczym. Przecież czasem naukowcy działają bezrefleksyjnie, na przykład obsługują aparaturę nie rozumiejąc jej. W takim jednak wypadku założenia teoretyczne warunkują samą konstrukcję instrumentów, sposób ich kalibracji, jak również metody interpretacji danych.

Ewentualny zabieg redukcji epistemologicznej, opierający się na relacji wynikania logicznego, obciążony jest też i taką trudnością, że prawa w obu dyscyplinach mają charakter idealizacyjny.¹⁴

Ponadto, redukcja chemii do fizyki nie wydaje się możliwa z tego powodu, że w obszarze chemii brakuje nieproblematycznych definicji wielu kluczowych terminów. Jak czytamy, „elementy (w sensie mereologicznym) układów chemicznych (atomy, elektrony, jądra atomowe, protony, neutrony) są opisywane przez fizykę, lecz w układach chemicznych – przede wszystkim cząsteczkach – wykazują nowe właściwości i powinny być analizowane z chemicznego punktu widzenia. Takie pojęcia, jak: aromatyczność, kwasowość, zasadowość, grupa funkcyjna, efekt podstawnika, nie mogą zostać zmatematyzowane ani jednoznacznie zdefiniowane” (Zeidler 2011: 23). Chemia jest zatem dyscypliną autonomiczną, opisując własności nieredukowalne w prosty sposób do własności opisywanych przez fizykę.

Zeidler podkreśla, że nawet teorii chemii kwantowej nie można dedukcyjnie wyprowadzić z praw mechaniki kwantowej (Zeidler 2011: 40). Metody mechaniki kwantowej nie dostarczają jednoznacznej reprezentacji podstawowych pojęć chemii, na przykład pojęcia wiązania. Pojęcie wiązania chemicznego „posiada różne eksplikacje w języku mechaniki kwantowej, lecz jego sens może być oddany jedynie na poziomie chemicznym”, kiedy mowa jest na przykład o reaktywności (Zeidler 2011: 23). Język chemii jest zatem językiem *sui generis*, niezależnym od języka fizyki: „sens wielu podstawowych pojęć chemii konstituuje laboratoryjna praktyka badawcza. Jest to sens specyficznie chemiczny, który nie może być oddany za pomocą definicji sformułowanych w aparacie pojęciowym fizyki” (Zeidler 2011: 89). Autor dyskutowanej pracy jest jednocześnie przekonany o autonomiczności metodologicznej chemii. Jest ona dyscypliną, której specyfikę wyznacza niepowtarzalny zbiór reguł sterujących praktyką laboratoryjną.

Rola metafor w naukach ścisłych

Zeidler opowiada się za przekonaniem o kluczowej roli struktur metaforycznych w obrębie badań naukowych. Artykuł *O funkcjach metafor w praktyce badawczej chemii* nawiązuje do szeroko komentowanej na świecie, tak zwanej kognitywnej koncepcji metafor George’a Lakoffa i Marka Johnsona. W opinii tych badaczy metafory nie są figurami językowymi o charakterze stylistycznym, retorycznym, lecz pełnią niebagatelne funkcje poznawcze, umożliwiając rozumienie domen abstrakcyjnych w kategoriach tego, co dzięki naszemu doświadczeniu jest nam bliżej znane. Prawie każda wypowiedź posiada założenia metaforyczne (na przykład samo określenie „posiadanie założeń przez wypowiedź” presuponuje, że

¹⁴ Wykorzystywanie mechaniki kwantowej do rozwiązywania rzeczywistych problemów chemii wymaga stosowania wielu przybliżeń, metod semiempirycznych, w których upraszcza się obliczenia, a wartości niektórych parametrów otrzymywane są na drodze eksperymentalnej.

założenia są obiektami, które można posiadać, zaś wypowiedzi są czymś, co może być posiadane).

Poznański badacz przekonuje, że metafory to niezbędne narzędzia ujmowania danych chemicznych, projektowania działań w laboratorium, a także wyjaśniania efektów tych działań. Pełnią one w nauce o wiele ważniejsze funkcje, niż tylko tradycyjnie kojarzone z nimi funkcja heurystyczna i edukacyjna. Język chemii przesiąknięty jest metaforami. Metaforyczny jest na przykład opis gazu jako zbioru kul bilardowych, podobnie metaforą jest planetarny model atomu. Zwrotami o charakterze metaforycznym są również takie określenia, jak „rozerwanie wiązania chemicznego”, „oderwanie protonu”, „stabilizowanie jonu” czy „nakładanie się orbitali”. Nawet pojęcie kształtu występujące w metaforze wzoru strukturalnego cząsteczki jest strukturą metaforyczną, zaczerpniętą z naszego potocznego doświadczenia. Od kiedy sformułowano tak zwany dynamiczny model cząsteczki, wedle którego jej „kształt” podlega ciągłym zmianom jako pochodna stanu energetycznego, dawne pojęcie stabilnego „kształtu” straciło sens.¹⁵

Co ciekawe, model sztywny lub semisztywny cząsteczki został zakwestionowany wraz z towarzyszącym mu przekonaniem o istnieniu struktury jako wewnętrznej własności cząsteczki. Dziś nie separuje się stanów rotacyjnych i wibracyjnych cząsteczek i mówi się o ich stanach rowibracyjnych, które określają ich kształt. Kształt zależy do stopnia energetycznego wzbudzenia cząsteczki, od jej oddziaływania z otoczeniem (innymi cząsteczkami, polem grawitacyjnym i elektromagnetycznym). Jednak klasyczny, sztywny model struktury cząsteczki nadal wykorzystywany jest w praktyce laboratoryjnej chemii, podczas budowania wyjaśnień czy skutecznych przewidywań. Mimo to, jak zwraca uwagę Zeidler, nie może on już dłużej być traktowany jako model adekwatnie reprezentujący rzeczywistość w tradycyjnym sensie.

W obrębie nauk ścisłych można byłoby traktować metafory jako figury stylistyczne wyłącznie wtedy, gdyby języki nauk empirycznych posiadały literalną interpretację, pozwalającą przypisywać ich terminom jednoznaczne znaczenia za pomocą spójnych zbiorów procedur operacyjnych. Niestety, jak pisze autor omawianej książki, nie mamy takiego komfortu: „[p]onieważ z każdą metodą doświadczalną wiąże się określony sposób transformacji danych z przestrzeni makro do przestrzeni mikro, dlatego interpretacja lokalna języka, w którym buduje się model teoretyczny danej cząsteczki, zależy od zastosowanej procedury pomiarowej” (Zeidler 2011: 185). Gdybyśmy poza modelami metaforycznymi dysponowali w nauce literalnymi opisami zjawisk, wówczas moglibyśmy obie strony porównać i wskazać podobieństwo cech, czy podobieństwo pewnych relacji (na przykład między metaforą kul bilardowych a samymi cząsteczkami gazu). Niestety, narzędzia metaforyczne nie gwarantują tego, że oparte są na podobieństwie podlegającym ja-

¹⁵ W opinii poznańskiego filozofa, możemy nawet zastanawiać się, czy i opis w języku rachunku prawdopodobieństwa nie jest ujęciem metaforycznym (Zeidler 2011: 192).

kiejś jednoznacznej interpretacji. Zeidler proponuje zatem, aby uznawać, że metafory wizualne w chemii (schematy, diagramy, modele procesów mikroskopowych, chemiczne wzory strukturalne, wykresy) nie bazują na podobieństwie dziedziny pierwotnej do dziedziny wtórnej. Nie mamy podstaw, aby to stwierdzić. Możemy jedynie (minimalistycznie) uznać, że „są [one] nośnikami informacji o dziedzinie pierwotnej metafory” (Zeidler 2011: 191).

Unikając reprezentacjonizmu i teoretycyzmu

Pisząc o praktyce laboratoryjnej chemii, Zeidler zdecydowanie wystrzega się mocnych intuicji realistycznych i reprezentacjonistycznych. Dla czytelników wcześniejszych prac tego autora nie stanowi to zapewne zaskoczenia (por. Zeidler 1993). Na przykład, autor ten wielokrotnie podkreśla, że modeli występujących w chemii nie można interpretować realistycznie. Modele, takie jak wzory strukturalne, diagramy, struktury matematyczne, czy inne modele graficzne są niezbędnymi narzędziami praktyki laboratoryjnej, lecz nie dlatego, że są one reprezentacjami rzeczywistości.¹⁶ Dostarczają one po prostu informacji o układach chemicznych, na podstawie których naukowcy interweniują w świat i skutecznie przewidują właściwości związków chemicznych. W artykule *Metodologiczne i semiotyczne aspekty modelowania teoretycznego w chemii* autor przekonuje, że pierwszoplanową funkcją modeli w praktyce laboratoryjnej chemii jest funkcja prognostyczna, a nie reprezentacyjna czy eksplanacyjna. Modele, na przykład modele wiązań chemicznych czy modele przebiegu reakcji chemicznych „sterują” bowiem praktyką chemików.

Podobnie, teksty *Spór o status ontologiczny orbitali atomowych i molekularnych w kontekście zagadnienia autonomii chemii* oraz *Czy można zaobserwować orbitale? O problemie obserwowalności i realności przedmiotów teoretycznych* wyjaśniają, że orbitale są konstrukcjami matematycznymi, które trudno jest interpretować realistycznie. Orbitale to funkcje falowe opisujące stan pojedynczego elektronu w atomie albo w molekuale. O ile wyznaczenie orbitali dla atomu wodoru jest możliwe, o tyle w przypadku atomów wieloelektronowych i cząsteczek dochodzi do poważnych problemów obliczeniowych. Mimo to orbitale (oraz ich reprezentacje graficzne) są bardzo użyteczne w praktyce badawczej chemii jako narzędzia myślenia aplikacyjno-praktycznego. Zeidler argumentuje, że twory te są przedmiotami inteligibilnymi, przedmiotami naszych myśli, podlegającymi racjonalnym analizom. Nie istnieją one jednak jako byty fizyczne, nie można ich więc zaobserwować. Czytamy: „[o]rbitale w układach wieloelektronowych mogą być uznane za przybliżone opisy rozkładu ładunku, lecz termin *orbital* nie posiada odniesienia przedmiotowego, któremu można przypisać fizyczne istnienie” (Zeidler 2011: 132).

¹⁶ Wzory chemiczne i modele wiązań są znakami ikonicznymi, które częściowo posiadają również charakter symboliczny (konwencjonalny).

Orbitale są wyjątkowymi obiektami w praktyce badawczej chemii, manipulowanie reprezentacjami graficznymi orbitali ułatwia bowiem projektowanie i wyjaśnianie przebiegu reakcji chemicznych. Jednak eksperymetatorzy-chemicy manipulują orbitalami nie w sposób fizyczny, lecz konceptualny. Jest to zatem inny sposób manipulowania obiektami, niż ten, o którym wspomina Hacking, formułując swoje kryterium istnienia. Przypomnijmy, w ujęciu tego myśliciela, za realne i istniejące uznać możemy te obiekty, którymi potrafimy manipulować w praktyce eksperymentalnej. Konceptualne manipulowanie orbitalami w chemii ma jednak ten sam skutek, o który chodziło kanadyjskiemu filozofowi – wiedzy do wykreowania nowych zjawisk (por. Zeidler 2011: 135), w powtarzalny sposób sterując praktyką laboratoryjną chemików. Jak już jednak wspomniałam, w opinii Zeidlera orbitali nie należy interpretować realistycznie.

Autor książki *Chemia w świetle filozofii* opowiada się za „obiektywnością autonomiczną względem ‘realności’”. Jest to stanowisko pozwalające satysfakcjonująco rekonstruować skuteczną praktykę laboratoryjną, wiodącą do powtarzalnych rezultatów, w którym jednak rezygnujemy z podnoszenia ważnych, tradycyjnych pytań epistemologicznych: dotyczących prawdy, realizmu, adekwatności reprezentacji. Czytamy: „[c]hcąc wyjaśnić efektywność praktyki laboratoryjnej, wystarczy, jak sądzę, odwołać się do zabiegu uprzedmiotowienia pojęć stosowanych przez eksperymentatorów bez rozstrzygania kwestii, czy uzyskanym w ten sposób odniesieniom przedmiotowym przysługuje status ‘realności’. Powyższe rozwiązanie jest więc neutralne w sporze o realizm laboratoryjny, nakładając jedynie warunek minimalny na sposób interpretowania języka przez eksperymentatorów” (Zeidler 2011: 105). Jak sądzę, idea „obiektywności autonomicznej względem ‘realności’” bardzo mocno przypomina wspomniany wyżej, minimalistyczny, zbanalizowany realizm przyjmowany w obrębie studiów nad nauką oraz technologią.

Wreszcie, poznański badacz w udany sposób portretuje praktykę laboratoryjną chemii wykraczając w swoich analizach poza ograniczenia teoretycyzmu. Dotychczasowa epistemologia, filozofia nauki i filozofia przyrody koncentrowały swoje analizy nauki na teoriach, logice odkrycia, kryteriach demarkacji oraz uniwersalnych wyznacznikach racjonalności metody naukowej. Przez prawie cały XX wiek, jak podkreśla Zeidler, interpretowano wszystkie inne aspekty praktyki badawczej (jak na przykład eksperymentowanie), przez pryzmat teorii (Zeidler 2011: 16, 56, 223). Te przesądzenia metodologiczne filozofii miały swoje koszty. Teoretycyzm utrudniał między innymi dostrzeżenie roli aparatury i instrumentalnego wyposażenia laboratorium, wyraźnie kształtującego stan wiedzy chemicznej (por. Zeidler 2011: 23). Blokował on również namysł nad rzeczywistą praktyką laboratoryjną, praktyką eksperymentowania, manipulowania, interweniowania, budowania wyizolowanych układów i redukcji złożoności. Przyziemne czynności naukowe i sam proces tworzenia nauki umykał uwadze filozofów. Badając teorie, badano głównie gotowe rezultaty, nie obserwowano samej nauki, nie portretowano jej ni-

gdy „w działaniu”. Dynamika procesu badawczego, a także uwarunkowania profesjonalizmu badaczy eksperymentalnych pozostawały niewidoczne. W perspektywie teoretycyzmu, dostrzeżenie takiego faktu, jak choćby ten, o którym wspomina poznański badacz, że klasyczny model struktury cząsteczki został zakwestionowany nie na skutek rewolucji teoretycznej, ale na skutek wprowadzenia nowych, dokładnych metod pomiaru widm, może okazać się niezwykle trudne, albo wręcz zupełnie niemożliwe.

Zastrzeżenia: problem z antycypacjami i z fizyką

Pierwsze z krytycznych zastrzeżeń wobec stanowiska Zeidlera dotyczy wskazywanych przez tego autora antycypacji badań nad praktyką laboratoryjną. Polski filozof analizuje chemię z perspektywy nurtu nowego eksperymentalizmu. Nurt ten jest dosyć dobrze znany w obrębie filozofii analitycznej, a także dobrze znany w Polsce, między innymi dzięki wysiłkom samego autora i pracom wspomnianej wyżej Danuty Sobczyńskiej (zob. np. Sobczyńska, Zeidler 1994). Za współtwórców nowego eksperymentalizmu uchodzą wspomniany już wyżej Ian Hacking, Nancy Cartwright, Peter Galison oraz Allan Franklin.¹⁷ Jak pisze Zeidler, nowy paradygmat badań nauk przyrodniczych (uwzględniający praktykę laboratoryjną oraz autonomię eksperymentowania) wypracowano dopiero w latach 80. i 90. XX wieku w ramach nowego eksperymentalizmu. To właśnie nowy eksperymentalizm stanowi ważny krok na drodze do stworzenia „czynnościowego” podejścia do nauki, wykraczającego poza słabości teoretycyzmu. Podejście to podejmuje analizę czynności badawczych, a nie tylko ich wytworów (Zeidler 2011: 16, 76).

Jak sądzę, jest to teza co najmniej niepełna, *nie fair* wobec innego rozległego nurtu, z którym zresztą sam Hacking od dłuższego czasu prowadzi owocną dyskusję.¹⁸ Rzecz jasna, chodzi o socjologię wiedzy naukowej (studia nad nauką oraz technologią). W publikacji z roku 2011, pominięciem milczeniem obszaru, w którym to właśnie praktyka laboratoryjna, interweniowanie, aparatura badawcza i materialne usytuowanie laboratorium znalazły się w samym centrum zainteresowań, nie wydaje się w porządku.¹⁹

¹⁷ Zaznaczmy przy tym, że poglądy Galisona i Franklina wyraźnie różnią się od stanowiska Hackinga oraz Cartwright. Przede wszystkim, Galison i Franklin, pisząc o nauce, ciągle koncentrują się na analizie teorii.

¹⁸ Jak czytamy w jednej z książek na temat współczesnych studiów nad nauką: „[n]awet ktoś taki, jak Hacking, który stanowi pewien rodzaj wyjątku w stosunku do standardowej filozofii nauki, niechętnie przyznaje, że to, co najciekawsze (ang. *all of the action*) wydaje się mieć miejsce w obrębie studiów nad nauką” (Lhde, Selinger 2003: 118).

¹⁹ W książce Zeidlera pojawia się jedynie krótka wzmianka na temat wczesnego stanowiska Knorr-Cetiny, która jest jedną z ważniejszych przedstawicielek STS (Zeidler 2011: 44-45). Wydaje się niestety, że ujęcie to interpretowane jest przez autora jako redukcjonizm społeczny. Czytamy na przykład, że „[m]anipulacja naturalnymi przedmiotami w laboratorium sprawia, że nabierają one charakteru społecznego i tracą walor obiektywności w rozumieniu realizmu” (Zeidler 2011: 44). Jak uważam, jest to rekonstrukcja niepełna. Zdaniem austriackiej badaczki, na każdym etapie pracy naukowej podejmowane są kluczowe, wiążące decyzje. Można je prześledzić, zobaczyć, jak wrastają w strukturę końcowego produktu nauki. Produkty nauki są tutaj efektami „negocjacji” z wielowymia-

Drugi problem nazwijmy problemem z fizyką. Otóż Zeidler odnosi większość swoich niebanalnych tez *wyłącznie* do praktyki laboratoryjnej chemii. Podkreśla on, że to właśnie chemia, a nie fizyka jest paradygmatycznym przykładem nauki laboratoryjnej (Zeidler 2011: 17). Stwierdza, że istnieje autonomiczna (wobec eksperymentalnej) fizyka teoretyczna, choć nie istnieje chemia teoretyczna (Zeidler 2011: 17, 20-21). Podkreśla, że w fizyce mamy do czynienia z konkurencyjnymi teoriami, które mogą przekształcać praktykę eksperymentalną tej dziedziny. Warstwa teoretyczna jest tu zatem swoiście autonomiczna. Wreszcie, tylko chemię uznaje za dziedzinę stabilną, albowiem jako nauka laboratoryjna i nieteoretyczna nie podlega ona wielkim rewolucjom.

Jak uważam, teza o odmienności fizyki nie znajduje w wywodach Zeidlera satysfakcjonującego uzasadnienia. Prawdopodobnie autor nie czuje się kompetentny i nie chce się wypowiadać na temat dziedziny, która nie jest mu aż tak bliska. Co więcej, w obronie poznańskiego filozofa należy zaznaczyć, że podtytuł książki *Chemia w świetle filozofii – Studia z filozofii, metodologii i semiotyki chemii* zwalnia autora z obowiązku wypowiedziania się na temat innych dziedzin nauk ścisłych, niż chemia (przynajmniej w tej właśnie pracy).

Jednak z drugiej strony, zastanawia fakt, że Hacking oraz Cartwright piszą właśnie o fizyce. Większość z ich tez stosuje się do każdej nauki, w której zachodzi interweniowanie i wytwarzanie powtarzalnych rezultatów z użyciem aparatury.²⁰ Autor *The Social Construction of What?* przyznaje, że nawet kosmologia czy częściowo astronomia są naukami laboratoryjnymi, o ile wymagają interweniowania i wytwarzania fenomenów w laboratoriach (Hacking 1992: 34).²¹

Podobnie, w literaturze wspomnianych wyżej studiów nad nauką oraz technologią znajdujemy więcej prac dotyczących fizyki, niżli chemii.²² Są to książki często pisane przez fizyków z pierwszego wykształcenia (wymieńmy choćby Trevora Pin-

rowo pojętym otoczeniem: społecznym, ale także materialnym, teoretycznym, itp. Dzięki ich obróbce w laboratorium, wytwory nauki stają się coraz bardziej stabilne w szerszych kontekstach, coraz bardziej obiektywne. Będąc efektami procesów „negocjacji”, nie są one jednak czysto „społecznymi” czy „dyskursywnymi” artefaktami. Metafora „negocjacji” może wielu interpretatorom wydać się myląca, sugeruje ona bowiem, że mamy do czynienia jedynie z wymiarem symbolicznym, z pozyskiwaniem zasobów czy też wypracowywaniem stosunków dominacji. Tymczasem „negocjowaniem” w laboratorium wedle Knorr-Cetiny są wszystkie podejmowane tam działania, także obróbka próbek, eksperymentowanie, manipulowanie, czy stawianie hipotez. Kiedy austriacka socjolożka pisze o konstruowaniu, często odnosi się ono do materialnego wypręparowywania, wyjmowania z kontekstu – prostego redukcjonowania złożoności. Tak rozumiane konstruowanie występuje zarówno w laboratorium naukowym, jak i w pracowni rzemieślnika (por. Knorr-Cetina 1981, 1983, 1995). Na temat ujęcia Knorr-Cetiny oraz różnych sposobów rozumienia kategorii „konstruowania” zob. Bińczyk 2010, 2010a, 2012: 51-78, 105-107, 156-157).

²⁰ Zaznaczmy przy tym, że powtarzalność w nauce w opinii Hackinga nie ma absolutnego charakteru. Powtarzalność eksperymentów jest zawsze przybliżona: „eksperymenty mają ze sobą mniej wspólnego, niż to sobie wyobrażamy” (Hacking 1992: 43). Rzadko powtarza się dokładnie ten sam eksperyment, chodzi raczej o to, aby wytwarzać coraz mniej zakłócone i względnie stabilne zjawiska (Hacking 1983: 231).

²¹ Hacking zastrzega, że nie da się jednak wytworzyć w laboratorium zjawisk astronomicznych na tej samej zasadzie, na jakiej wytwarzamy w nich na przykład promieniowanie laserowe.

²² Jedne z najszerzej komentowanych prac w nurcie STS dotyczyły fizyki (por. np. Pickering 1984; Collins 1985).

cha oraz Pickeringa). To właśnie pod adresem fizyki (i ogólnie całej nauki) formułowane są dokładnie takie same tezy, które Zeidler formułuje pod adresem chemii. Zastanawia zatem mimo wszystko powściągliwość tego autora wobec fizyki.

W żadnej dziedzinie nie istnieje wyrafinowane teoretyzowanie wyłącznie myślowe, bez wykorzystania materialnego otoczenia i czynników pozaludzkich: kartki papieru, liczydła, modelu graficznego, technik dowodzenia matematycznego, struktur wzorów matematycznych, metafor. Nasze umiejętności poznawcze od starożytności są „eksternalizowane” w otoczenie, czy też „delegowane do otoczenia”.²³ Pierwszą spektakularną technologią, która umożliwiła eksternalizację myśli, była technologia pisma. Nawet matematyka czy logika łączą w sobie aspekt poznawczy z materialnym, technicznym. Matematycy wytwarzają stabilne wzory, napisy na papierze, na których następnie przeprowadza się złożone operacje.²⁴ Jeśli istnieje różnica pomiędzy praktyką laboratoryjną chemika a praktyką badawczą logika lub też filozofa, jest to jedynie różnica ilościowa, lecz nie jakościowa. Czy skomplikowany wzór matematyczny w fizyce teoretycznej naprawdę różni się jakościowo od reprezentacji graficznej orbitali? Jeśli chemia posiada swoją wyraźną specyfikę metodologiczną, polegającą na tym, że teoretyzowanie nie jest tutaj kluczową aktywnością, gdyż najważniejsze są czynności, a nie wytwory, to to samo powiedzieć możemy o wielu innych obszarach praktyki. Prawdopodobnie także o większości tego, co zachodzi dziś w fizyce.

Wyjaśnianie uwarunkowań stabilności nauk laboratoryjnych

Wreszcie, ostatni problem wyrastający z analizy stanowiska Zeidlera dotyczy objaśniania stabilności nauk laboratoryjnych. W swoim tekście *Spór o stabilność praktyki badawczej nauk empirycznych* Zeidler odwołuje się do interesujących rozważań Hackinga zawartych w artykule *The Self-Vindication of the Laboratory Sciences* (Hacking 1992). Poznański filozof polemizuje jednak z tym autorem, zawężając tezę o stabilności praktyki laboratoryjnej wyłącznie do chemii. Fizyka, która nie jest jego zdaniem nauką laboratoryjną, nie jest też w jego opinii nauką stabilną. Chciałabym poniżej, w świetle innych rezultatów badań studiów nad nauką oraz technologią oraz późniejszych argumentacji kanadyjskiego badacza²⁵ zaproponować alternatywne odczytanie wątku dotyczącego stabilności nauk w twór-

²³ Poprzez „eksternalizację” proponuję rozumieć specyficzne uzewnętrznianie abstrakcyjnych fenomenów i zjawisk, takich jak na przykład treść myślenia, muzyka, czas, czy wartości wymiany. Zostają one ucieleśniane w tym, co podlega prostej kontroli, co może być w obrębie danej zbiorowości podzielane, przenoszone, czym można manipulować (zapisy, nuty, zegary, pieniądze). Eksternalizowanie często polega na tym, aby dokonać ziszczenia tego, co abstrakcyjne czy trudno uchwytnie, w szeregu materialnych rozwiązań lub przedmiotów. Bez tych zabiegów wiele ulotnych zjawisk pozostałoby poza zasięgiem ludzkości. Dzięki eksternalizacji natomiast możemy je uchwycić, opanować – zostają one ucieleśnione (por. Bińczyk 2012: 193-200).

²⁴ Na temat „technologii formalizmu” pisze na przykład Andrew Warwick (Warwick 1992; por. Pinch 1999: 140).

²⁵ Zeidler nie odwołuje się do późniejszej pracy Hackinga (2000).

czości Hackinga. Jak uważam, autor *Representing and Intervening* podnosi temat stabilności nauk laboratoryjnych w zupełnie innym kontekście. Przy tym kontekst ten jest na tyle inspirujący, że warto go przywołać.

Artykuł *The Self-Vindication of the Laboratory Sciences* opisuje synchronizowanie się różnorodnych warstw praktyki laboratoryjnej w samo-uwierzytelniającą się, stabilną strukturę.²⁶ Jak czytamy we wspomnianym tekście, efekt stabilności nauk laboratoryjnych wywołuje nie tyle osiągnięta tu prawda, co ciężka praca dostosowywania pojawiających się w praktyce badawczej elementów. Co ważne, badacze, którzy powołują się na przyrodę lub rzeczywistość w celu wyjaśnienia stabilności czy „sukcesu” nauki, Hacking nazywa „fantastami” (Hacking 1992: 56). Dostosowywane do siebie elementy w praktyce laboratoryjnej mogą być „wewnętrzne” wobec eksperymentu, posiadając bądź to charakter intelektualny (hipotezy, teorie, modele), bądź to materialny (aparatura badawcza, przedmioty badań, źródła energii, detektory danych, narzędzia, ludzie zajmujący się generowaniem danych), bądź to semiotyczny (zapisy pomiarów, fotografie, wykresy, wskaźniki, redukcja danych, szacowanie, analiza, interpretacja, cechowanie danych) (Hacking 1992: 44-50). Mogą to jednak być również elementy „zewnętrzne” wobec praktyk eksperymentowania, jak finansowanie, wpływy społeczne czy charyzma badaczy.

Przyznać należy, że w omawianym tekście Hacking koncentruje swą uwagę na składnikach „wewnętrznych”, podtrzymując użyteczność samego podziału zewnętrzne-wewnętrzne czynniki w nauce. Wyjaśnia on, że wynika to z jego zainteresowania wyłącznie eksperymentem, a nie eksperymentatorami, ich negocjacjami, komunikacją, czy środowiskiem społecznym. Kanadyjski filozof dodaje jednak, że „jest to słabe, ponieważ eksperymenty wykorzystują pieniądze, wpływ, charyzmę i tak dalej” (Hacking 1992: 51). Jak uważam, koncentracja Hackinga na elementach wewnętrznych wobec eksperymentu wcale nie wyklucza tego, że elementy ze-

²⁶ W jednym ze swoich tekstów Hacking następująco charakteryzuje styl nauki laboratoryjnej (odwołując się wówczas do ujęcia innych sześciu stylów naukowych Alistaira C. Crombiego): cechą stylu laboratoryjnego jest „konstruowanie aparatury przeznaczonej do izolowania i oczyszczania istniejących zjawisk oraz do tworzenia nowych” (Hacking 2008: 172). Jak z tego wynika, nauka laboratoryjna wymaga kooperacji człowieka i aparatury. Wystąpić tu muszą „czynniki pozaludzkie”, jak nazywa je w ramach swojej teorii aktora-sieci Latour. Za nauki laboratoryjne Hacking uznaje dziedziny, które aktywnie ingerują w materiał badawczy przy użyciu instrumentów i aparatury. Nauki te wytwarzają badane przez siebie fenomeny, reprodukcję zjawiska w sztucznych warunkach, w sposób wystandaryzowany. Do nauk tego typu nie należą zatem w opinii Hackinga nauki „czysto” obserwacyjne, klasyfikujące (jak choćby botanika) czy nauki historyczne (Hacking 1992). Z kolei dla Latoura laboratoria to przede wszystkim centra kalkulacji i koordynacji, w których dokonuje się wytwarzanie i manipulowanie inskrypcjami: tabelami, wykresami, wzorami, listami danych (Latour 1987: 215-257). Laboratoriami w ujęciu Latoura okazują się zatem także muzea, kolekcje czy archiwa, a nawet warsztaty pracy humanistów, ponieważ we wszystkich tych obszarach wykorzystujemy czynniki pozaludzkie dzięki procesom „delegowania” kompetencji poznawczych do otoczenia. W przypadku humanistów inskrypcjami są notatki, fiszki, tabele, statystyki, konspekty. W naukach humanistycznych teksty są „funkcjonalnymi równoważnikami laboratorium. Są to miejsca prób, eksperymentów i symulacji” (Latour 2007: 135). Choć dla Hackinga, to, co dzieje się w laboratoriach nie sprowadza się wyłącznie do wytwarzania inskrypcji, to, z drugiej strony, należy podkreślić, że filozof ten uznaje samo teoretyzowanie i manipulowanie znakami także za ważny rodzaj działań laboratoryjnych (Hacking 1992: 36). Wynika z tego, że oba ujęcia, choć uwypuklają znaczenie nieco innych aspektów praktyki laboratoryjnej, to jednak, mimo wszystko, daleko od siebie nie odbiegają.

wewnętrzne również są istotne i w ważny sposób stabilizują samo-uwierzytelniającą się strukturę nauk laboratoryjnych. Nie zgadzam się też z przekonaniem, że jeśli uwzględnimy elementy o charakterze politycznym, ekonomicznym czy instytucjonalnym, zmieni to w jakiś zasadniczy sposób naszą perspektywę analiz rozwoju nauki (por. Zeidler 2011: 230).

Nie sędzę też, aby taka była opinia Hackinga. Przyznaje on *explicite*, że jego ujęcie pozostaje w zgodzie z propozycjami konstruktywistycznymi, które pokazują, że fakty naukowe stają się realne, o ile wykonana zostanie pewna praca wiązania różnorodnych zasobów (Hacking 1992: 51-52). W książce *The Social Construction of What?* znajdziemy krytyczne uwagi formułowane przez kanadyjskiego filozofa wobec stanowiska Imre Lakatosa, który wykluczył czynniki zewnętrzne (pozanaukowe) z opisu ewolucji programów badawczych. Hacking pokazuje tam między innymi, jak ważne były inspiracje militarne w przypadku prac nad wynalezieniem lasera (Hacking 2000: 181). Wreszcie, w tej samej pracy, filozof ten, rozważając istotność czynników zewnętrznych w opisie nauki, sytuuje samego siebie w pozycji „3” na skali, w której „1” byłaby przeznaczona dla internalistów całkowicie ignorujących czynniki pozanaukowe, zaś „5” dla konstruktywistów, według których są one kluczowe (Hacking 2000: 99).

W moim odczytaniu, kanadyjski badacz wskazuje na takie przyczyny stabilności empirycznych nauk laboratoryjnych, które nie mają charakteru filozoficznego, normatywnego, ale naturalistycznego. Hacking pisze: „przypatruję się stabilności nie jako zalecie, ale jako faktowi” (Hacking 1992: 37; por. Hacking 2000: 198). Wyjaśnianie stabilności nauki w trybie filozoficznym głosi, że jest ona stabilna, albowiem osiąga prawdę, odkrywa istotę natury, prawa przyrody, kumuluje swoje rezultaty wiedzy, jest racjonalna, itp. Tymczasem w trybie naturalistycznym stabilność nauki jest obserwowana i objaśniana poprzez wskazanie na fakt wzajemnego splecenia ze sobą heterogenicznych aspektów praktyki laboratoryjnej, w tym aparatury i czynników pozaludzkich. Teorie „pasują” do rzeczywistości, ponieważ ewoluują one wraz z instrumentami badawczymi, procedurami obróbki danych, aproksymacji i interpretacji, a także wytwarzanymi i reprodukowanymi w eksperymentach zjawiskami. Warstwy materialna, teoretyczna i społeczna praktyki laboratoryjnej ewoluują w procesach ko-produkcji – pisze Hacking, odwołując się do Pickeringa i Latoura (Hacking 1992: 31).²⁷

Co ważne, w procesie uzyskiwania stabilności w naukach laboratoryjnych *wszystkie* wymienione warstwy podlegać mogą modyfikacji (także dane empiryczne, które wymagają obróbki semiotycznej, selekcji oraz wykluczenia szumów,

²⁷ Od pewnego momentu, studia nad nauką oraz technologią podjęły wysiłek rekonstruowania nie tylko dynamiki kontrowersji naukowych, ale również uwarunkowań wszystkiego tego, co w nauce trwałe. Zwrot ten w dużym stopniu dokonał się pod wpływem teorii aktora-sieci. Dostrzeżono, że stabilność może dotyczyć różnych warstw (w praktyce laboratoryjnej mocno ze sobą splecionych). Na przykład materialne wyposażenie, albo pewne umiejętności czy praktyki pomiaru pozostają niezmiennie od dziesięcioleci, wzmacniając wrażenie kumulatywności osiągnięć naukowych (pomimo tego, że inne elementy podlegać mogą zasadniczym transformacjom).

oszacowania, interpretacji). Proces samo-uwierzytelniania nauk laboratoryjnych polega na wypracowaniu przygodnego, *wzajemnego dostosowania* wymienionych aspektów pracy naukowej. Czytamy: „[s]tabilna nauka laboratoryjna wyłania się, gdy teorie i wyposażenie laboratorium ewoluują w taki sposób, że pasują do siebie i wzajemnie się potwierdzają. Taka symbioza jest przygodnym faktem dotyczącym ludzi, naszych organizacji naukowych oraz przyrody. Odnosząc się do przyrody nie zakładam, że powoduje ona przyczynowo czy też przyczynia się do takiej symbiozy w jakiś aktywny sposób” (Hacking 1992: 56).

Rozszerzenie tezy Duhema

Co więcej, rozważania Hackinga dotyczące stabilności nauk odczytuję przede wszystkim w świetle jego stosunku do problemu niedookreślenia teorii przez dane empiryczne (teza Duhema). Jest to ważny element rozważań w artykule *The Self-Vindication of the Laboratory Sciences*. Otóż w opinii kanadyjskiego filozofa, ujęcie problemu niedookreślenia teorii przez empirię wyłącznie przez pryzmat warstwy intelektualnej jest o wiele za wąskie. Niedookreślenie teorii przez empirię dotyczy jedynie logicznego, teoretycznego wymiaru nauki. Tymczasem w sytuacji problematycznej, w obliczu falsyfikacji naukowcy zmagają się z trudnością niedookreślenia nie tylko w wymiarze teoretycznym: mogą oni zmodyfikować teorię, ale również przebudować aparaturę, inaczej ją wykalibrować, przekształcić interpretację danych eksperymentalnych (Hacking 1992: 52 i n.; Hacking 2000: 71-74). Duhem, który rozważał problemem niedookreślenia teorii fizycznych przez dane empiryczne, podkreślał jedynie rolę elementów intelektualnych. Hacking krytykuje go za to, podkreślając, że w laboratorium można manipulować (a nawet majsterkować – ang. *to tinker*) wszystkimi dostępnymi zasobami: aparaturą, hipotezami, interpretacją danych. Rzecz jasna, są one plastyczne w różnym stopniu, ponieważ różnią się między sobą (Hacking 1992: 54). „Opór”, z jakim spotyka się praktyka naukowa przyjmować może różne formy. Na przykład zastane procedury laboratoryjne albo niemożliwość przebudowania aparatury mogą ograniczać czy wymuszać osiągnięte rezultaty. Taki sam nacisk wywierać może niedostępność funduszy, priorytety polityczne, czy też siła przyjmowanych milcząco założeń światopoglądowych i filozoficznych (przypomnijmy jednak, że czynników tego rodzaju Hacking nie analizuje w omawianym tekście z 1992 roku).

W późniejszej książce kanadyjskiego filozofa, *The Social Construction of What?* znajdziemy odwołania do kategorii trwałego, solidnego dopasowania (ang. *robust fit*) uzyskiwanego w nauce laboratoryjnej. Hacking odwołuje się tutaj do modelu Pickeringa zawartego w pracy *The Mangle of Practice* (Pickering 1995; Hacking 2000: 71 i n.). Solidne dopasowanie dotyczy elementów pochodzących z wielu warstw: praktyki, teorii, eksperymentu, instrumentów, kalibracji (stałych fizycznych). Jak pokazuje w swoim opracowaniu Pickering, próbując je wypra-

cować, naukowcy negocjują i renegocjują wszystko, w każdym z wymienionych wyżej wymiarów. Hacking podsumowuje: „[d]opasowanie teorii, fenomenologii²⁸, schematycznych modeli i aparatury jest solidne wtedy, gdy próby powtórzenia eksperymentu dokonywane są dość gładko” (Hacking 2000: 72). Jednak dopasowanie, które uzyskujemy w efekcie wysiłków laboratoryjnych, nigdy nie jest jedynym możliwym (Hacking 2000: 95). Nie można zatem zachować kategorii adekwatnej reprezentacji teorii do rzeczywistości. Praktyka laboratoryjna jest przygodna, nie-dookreślona. Możemy jednak mówić o mniej lub bardziej trwałej adaptacji, bądź też interaktywnej stabilizacji.²⁹

Hacking podkreśla, że z uwagi na przyjęte już w nauce kryteria, procedury oraz rozstrzygnięcia, zakres swobody działania w laboratorium może wydawać się niewielki. Badacze zmuszeni są działać w przestrzeni różnego rodzaju ograniczeń. Teorie wydają się trudne do modyfikacji, ponieważ wyewoluowały one wraz ze swoimi stabilnymi domenami danych oraz towarzyszącymi im instrumentami. Nie znaczy to jednak, że teorie te są ostateczne czy uniwersalne. Na przykład, optyka geometryczna sprzężona jest instrumentalnie z danymi dotyczącymi pewnych modeli zjawisk rektilinearnego (ang. *rectilinear*) rozchodzenia się światła, ale teoria ta nie jest już prawdziwa w odniesieniu do innych klas zjawisk, nie obejmuje na przykład rozmytych krawędzi cieni obiektów (ang. *blurred edges of shadows*) (Hacking 1992: 55-56).

Jak sądzę, można byłoby obronić tezę, że w fizyce wiele elementów, takich jak na przykład niektóre prawa, stałe fizyczne, aparatura, podstawowe procedury pomiarowe, czy reguły praktyki zachowało wysoką stabilność. Z drugiej strony, zmiany teoretyczne zachodziły nie tylko w fizyce, ale i wcześniej w chemii (odrzucono przekonanie o realności cieplika, flogistonu, itd.). Być może, zmiany te w mniejszym stopniu wiodły do modyfikacji reguł i procedur praktyk laboratoryjnych. Pytanie o stabilność, jak uważam, wymaga za każdym razem rzetelnej odpowiedzi historycznej, empirycznej, jak również doprecyzowania, o stabilności których elementów mówimy.³⁰ Hacking zaznacza na przykład, że nie tylko nauki laboratoryjne mogą być stabilne, statystyka i nauki klasyfikujące, takie jak na przykład botanika, także wykazują się dużą stabilnością (Hacking 1992a; Hacking 1992: 34).

²⁸ Warto wyjaśnić, że „fenomenologią” nazywa Hacking interpretację danych empirycznych.

²⁹ Na temat rozszerzenia tezy Duhema w obrębie STS, solidnego dopasowania w praktyce laboratoryjnej oraz interaktywnej stabilizacji pisałam już wcześniej (Bińczyk 2010a, 2012: 92-106).

³⁰ Poznański badacz podkreśla, że w różnych dyscyplinach i okresach historycznych stosunek praktyki teoretyzowania do praktyk eksperymentowania znacznie się różnił (Zeidler 2011: 220). Trudno temu zaprzeczyć. Praktyka naukowa nastawiona na interweniowanie z udziałem instrumentów w laboratorium (a nie poszukiwanie teorii reprezentujących rzeczywistość) pojawia się z całą pewnością już wraz z działalnością Roberta Boyle’a w XVII wieku, jednak zacznie ona dominować dopiero około połowy XIX wieku, przyjmując bardziej lub mniej intensywną postać w zależności od dyscypliny.

Znaczenie procesów standaryzowania

Jak przekonuje Hacking za Latourem, stabilność nauk laboratoryjnych opiera się także na występujących tu procesach standaryzowania, określanych jako „zamykanie czarnych skrzynek”. Co ważne, standaryzowanie wymaga obecności czynników pozaludzkich, których roli nie widzimy przyjmując założenia teoretycyzmu. Zamykanie czarnej skrzynki to przekształcanie danego osiągnięcia w materialny obiekt: łatwy w manipulacji, umożliwiający kopiowanie oraz przeniesienie go w nowe konteksty. Jest ono formą wspomnianego wyżej eksternalizowania. Utworzenie czarnej skrzynki polegać też może na stopniowej stabilizacji danej procedury, przyjmującej postać łatwo artykułowanych reguł, wskazówek, czy instrukcji wykonania. Na temat roli stałych fizycznych oraz procesów standaryzacji w nauce, powiązanych z wprowadzaniem miar handlowych, monet oraz odważników Hacking pisze również w innych tekstach (por. np. Hacking 2010).

Z kolei Joseph O’Connell nazywa wysiłki standaryzowania miar i stałych fizycznych metrologią (O’Connell 1993). Metrologia to naukowa organizacja stabilnych standardów i pomiarów. Jak twierdzi ten autor, bez metrologów nie można utrzymać precyzji nie tylko w nauce, ale i w przemyśle. W laboratorium bezustannie dokonywane jest kalibrowanie i przebudowa aparatury pomiarowej. Koszty kalibrowania oraz podtrzymywania stałych pozostają przy tym bardzo wysokie. Metrologia polega nie tylko na standaryzowaniu instrumentów do wykonywania pomiarów, ale też na standaryzowaniu samych fenomenów występujących w laboratoriach. Dokonuje się tego w drodze licznych manipulacji, rekalirowania aparatury, itp. W rezultacie „[ś]wiat części wymiennych to świat gwarantujący skuteczność” (Sismondo 2010: 142). Bez dostrzeżenia wysiłków standaryzowania oraz ich zakresu, sukces praktyczny nauk laboratoryjnych naprawdę może wydawać się cudem (który możemy wyjaśnić jedynie poprzez przyjęcie filozoficznych intuicji realizmu i reprezentacjonizmu).

Na zakończenie podkreślmy, że w świetle lektur prac z obszaru studiów nad nauką oraz technologią, jak również w świetle rozszerzonej interpretacji tekstów Hackinga okazuje się, że wiele wniosków Zeidlera dotyczących chemii prawdopodobnie stosuje się do większości współczesnych nauk empirycznych, również do fizyki. Nie obawiajmy się jednak tego stwierdzić. Tym większa zasługa tego autora, że pisze w tak odkrywczy i niestandardowy (w Polsce) sposób o praktyce laboratoryjnej i nauce.

Bibliografia

1. Barry B., Bloor D., Henry J. [1996]: *Scientific Knowledge. A Sociological Analysis*. London: Athlone.
2. Bińczyk E. [2010]: *Praktyka, laboratorium, czynniki pozaludzkie. Najnowsze modele technonauki oraz wybrane tezy Ludwika Flecka*. „Przegląd Filozoficzny” 2: 9-26.

3. Bińczyk E. [2010a]: *(Post)konstrukttywizm na temat technonauki*. „Zagadnienia Naukoznawstwa” 2: 231-251.
4. Bińczyk E. [2010b]: *Szkoła Edynburska – odczytanie po czterdziestu latach. Przesądzenia filozoficzne a metodologia badań nad nauką*. „Studia Philosophica Wratislaviensia”, vol. V, 1: 27-47.
5. Bińczyk E. [2012]: *Technonauka w społeczeństwie ryzyka. Filozofia wobec niepożądanych następstw praktycznego sukcesu nauki*. Wydawnictwo Naukowe UMK.
6. Bucchi M. [2004]: *Science in Society. An Introduction to Social Studies of Science*. London, New York: Routledge, przeł. Adrian Belton.
7. Collins H. [1985]: *Changing Order: Replication and Induction in Scientific Practice*. Beverly Hills, CA, London: Sage.
8. Fuller S. [2006]: *The Philosophy of Science and Technology Studies*. New York, London: Routledge, Taylor&Francis Group.
9. Giere R. N. [1993]: *Science and Technology Studies: Prospects for an Enlightened Postmodern Synthesis*. “Science, Technology, & Human Values” Vol. 18, Nr 1: 102-112.
10. Giere R. N. [2008]: *Naturalism*. W: Stathis Psillos, Martin Curd (red.). *The Routledge Companion to Philosophy of Science*. London, New York: Routledge, 213-223.
11. Grobler A. [2006]: *Metodologia nauk*. Kraków: Wydawnictwo Aureus, Wydawnictwo Znak.
12. Grudka K. [2003]: *Racjonalne przesłanki Barry’ego Barnesa konstruktywistycznej krytyki pojęcia racjonalności*. W: Andrzej P. Kowalski, Anna Pałubicka (red.). *Konstrukttywizm w humanistyce*. Bydgoszcz: Oficyna Wydawnicza Epigram, 79-86.
13. Hacking I. [1983]: *Representing and Intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*. New York: Cambridge University Press.
14. Hacking I. [1992]: *The Self-Vindication of the Laboratory Sciences*. W: Andrew Pickering (red.). *Science as Practice and Culture*. Chicago: University of Chicago Press, 29-64.
15. Hacking I. [1992a]: *Statistical Language, Statistical Truth and Statistical Reason: The Self-Authentication of a Style of Scientific Reasoning*. W: Ernan MacMullin (red.). *The Social Dimension of Science*. Notre Dame, Indiana: University of Notre Dame Press. 130-157.
16. Hacking I. [2000]: *The Social Construction of What?* Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
17. Hacking I. [2008]: *Niejedności nauk*. „Studia Philosophica Wratislaviensia” vol. III, fasc. 1: 149-180, przeł. Marcin Wróbel.
18. Hacking I. [2010]: *Spichlerz nauki*. „Kultura popularna” 3 (25): 42-51, przeł. Ewa Klekot.
19. Ihde D., Selinger E. (red.) [2003]: *Chasing Technoscience. Matrix for Materiality*. Bloomington, Indianapolis: Indiana University Press.
20. Knorr-Cetina K. [1981]: *The Manufacture of Knowledge: An Essay on the Constructivist and Contextual Nature of Science*. Oxford: Pergamon Press.
21. Knorr-Cetina K. [1983]: *The Ethnographic Study of Scientific Work: Towards a Constructivist Interpretation of Science*. W: Karin Knorr-Cetina, Michael Mulkay (red.). *Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science*. London: SAGE Publications, 115-140.
22. Knorr-Cetina K. [1995]: *Laboratory Studies. The Cultural Approach to the Study of Science*. W: Sheila Jasanoff, Gerald E. Markle, James C. Petersen, Trevor Pinch (red.). *Handbook of Science and Technology Studies*. London, New Delhi: Sage Publications, 140-166.
23. Knorr-Cetina K., Mulkay M. (red.) [1983]: *Science Observed: Perspectives on the Social Study of Science*. London: SAGE Publications.
24. Latour B. [1987]: *Science in Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
25. Latour B. [2007]: *Prolog w formie dialogu pomiędzy studentem i (cokolwiek) sokratycznym Profesorem*, przeł. Krzysztof Abriszewski, Adrian Gahbler, Andrzej Kilanowski et al. „Teksty Drugie” 1-2: 127-143.

26. Nola R. [2008]: *Social Studies of Science*. W: Stathis Psillos, Martin Curd (red.). *The Routledge Companion to Philosophy of Science*. London, New York: Routledge, 259-268.
27. O'Connell J. [1993]: *Metrology: The Creation of Universality by the Circulation of Particulars*. „Social Studies of Science”, Vol. 23, 1: 129-173.
28. Pickering A. (red.) [1992]: *Science as Practice and Culture*. Chicago: University of Chicago Press.
29. Pickering A. [1984]: *Constructing Quarks. A Sociological History of Particle Physics*. Chicago: University of Chicago Press.
30. Pickering A. [1995]: *The Mangle of Practice: Time, Agency and Science*. Chicago, London: University of Chicago Press.
31. Pinch T. [1999]: 'Mangled Up in Blue'. „Studies in History and Philosophy of Science” 30: 139-147.
32. Sady W. [2011]: *O tym, co decyduje o naukowości badań przyrodniczych*. „Studia Philosophica Wratislaviensia”, vol. VI, fasc. 2: 15-31.
33. Sismondo S. [2010]: *An Introduction to Science and Technology Studies*. Malden, MA, Oxford: Wiley-Blackwell, wyd. drugie.
34. Sobczyńska D., Zeidler P. (red.) [1994]: *Nowy eksperymentalizm. Teoretycyzm. Reprezentacja*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM.
35. Sobczyńska D. [1984]: *Osobliwości chemii*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM.
36. Warwick A. [1992]: *Cambridge Mathematics and Cavendish Physics: Cunningham, Campbell and Einstein's Relativity, 1905-1911. Part 1: the Uses of Theory*. „Studies in History and Philosophy of Science” 23: 625-656.
37. Yearley S. [2005]: *Making Sense of Science. Understanding the Social Study of Science*. London, Thousand Oaks, New Delhi: Sage Publications.
38. Zeidler P. [1993]: *Spór o status poznawczy teorii. W obronie antyrealistycznego wizerunku nauki*. Poznań: Wydawnictwo IF UAM.
39. Zeidler P. [2011]: *Chemia w świetle filozofii. Studia z filozofii, metodologii, i semiotyki chemii*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe IF UAM.
40. Zielonacka-Lis E. [2003]: *Filozoficzne koncepcje wyjaśniania naukowego a współczesna chemia*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe IF UAM.