

WOJCIECH SADY
ORCID: 0000-0002-7873-6988
Uniwersytet Śląski w Katowicach

Odpowiedź moim krytykom

A reply to my critics

Abstract: In the book *The Structure of Relativistic and Quantum Revolutions in Physics*, I presented the anti-Kuhnian and anti-Lakatosian model of scientific revolutions. Following Fleck, I assume that scientists' ways of perceiving phenomena and thinking about them are conditioned by the thought style acquired in the process of being introduced to the profession. So how could it happen that scientists at the turn of the 19th and 20th centuries began to think differently than they had been taught to think? My answer is that both revolutions were made by three generations of theorists. In the first generation (Maxwell; Boltzmann), the acquired knowledge and new experimental results led to conclusions that made the theoretical system inconsistent. Scientists of the second generation (Lorentz, Larmor, Poincaré; Planck, Einstein, Bohr) tried to apply these new conclusions together with old knowledge, and it was found that it was impossible to do it fully. Nevertheless, they obtained a number of new results. In the third generation (Einstein; Heisenberg, Schrödinger, Dirac and others), new conclusions began to be applied as stand-alone. If one were to use the Lakatosian language, some fragments of the protective belt of the old research program broke off as the cores of the new programs. In this article, I answer the objections that several outstanding philosophers of science have made against my model.

Keywords: scientific revolution, special relativity, quantum mechanics

Ogromnie dziękuję wszystkim Moim Krytykom za poczynione uwagi. To wielki zaszczyt dla autora doczekać się tylu komentarzy spisanych przez znakomitych znawców tematu. To również okazja, aby autor coś przemyślał, poprawił, dodatkowo wyjaśnił.

Zacznę od deklaracji odnoszącej się do uwag paru moich krytyków. Wyrażali oni niezadowolenie z tego, że nie uwzględniłem w pracy pewnych książek bądź artykułów z zakresu filozofii nauki czy epistemologii. Odpowiem wprost: celem książki było nakreślenie pewnego modelu dwóch wielkich rewolucji w fizyce na przełomie XIX i XX wieku. Jednego modelu, nie dwóch, gdyż wskazałem na wyraźne analogie między oboma procesami. Istnienie takich analogii — o ile się co do tego nie myślę — budzi nadzieje na to, że udało się uchwycić mechanizmy rewolucyjnych przemian poglądów o charakterze ogólnym, coś, co pomoże nam zrozumieć, pod pewnym względem, naturę ludzkiej wiedzy. Jest to wyraz moich poglądów, do których dochodziłem w ciągu z górą czterdziestu lat, a w tym czasie — wbrew uwadze Łukasza Mściślawskiego — wygłosiłem dziesiątki referatów, a wysłuchałem, uczestnicząc zwykle w dyskusjach, setek.

Na tle tego, co w ciągu tych lat przeczytałem, mój model rewolucji naukowych wydaje mi się — choć to nie ja powinienem formułować takie opinie — oryginalny. Oczywiście, znam tylko niewielką część anglojęzycznej literatury z filozofii nauki, a zupełnie nie znam tekstów, jakie powstały po hiszpańsku, włosku, rosyjsku itp. Pozostaje mi czekać, z duszą na ramieniu, na wieść o tym, że ktoś już wcześniej w podobny sposób przedstawił mechanizmy rewolucji naukowych. Owszem, ignoruję w książce tezy Hackinga, Amsterdamskiego i wielu innych. Pomiąłem, co podkreślił Marek Woszczek, wpływowe ostatnimi czasy prace z nurtu kognitywno-konstruktywistycznego. Listę podobnych pominięć można wydłużać niemal bez końca, a to, co się na niej znajdzie, zależeć będzie od osobistych upodobań danego krytyka. Przyszło nam żyć w czasach, gdy wszystkiego zrobiło się za dużo (książek, filmów, nowych utworów muzycznych, wydarzeń artystycznych, doktryn religijnych, wiadomości ze świata, wszystkiego). Przyjmę wobec tego tylko takie krytyki, których autor/ka wykaże mi, że pominięcie tej czy innej koncepcji jakoś zubożyło czy zdeformowało moje rozumienie rewolucyjnych zmian poglądów.

Jako krytyk Kuhna idę zresztą w jego ślady: w *Strukturze* i innych pracach odnosił się on do dokonań filozofów nauki w sposób wręcz szczątkowy, a bibliografie, jakie można tam znaleźć, są bardzo dalekie od reprezentatywności. Jeden z bohaterów mojej pracy, Albert Einstein, w *O elektrodynamice ciała w ruchu* nie dał ani jednego przypisu, w tekście też żadnych prac czy to teoretycznych, czy doświadczalnych, nie wspomniał. Tak jak nie ma przypisów czy bibliografii w książkach Husserla czy Wittgensteina, a bardzo szczątkowe w tekstach Heideggera. Można więc coś ważnego powiedzieć, nie popisując się erudycją.

1

W szczególności Zenon Roskal zarzuca mi, że odwołuję się tylko do pierwszego wydania *Struktury rewolucji naukowych*, a było ich cztery. Tu akurat jestem usprawiedliwiony, gdyż swoje wprowadzenie do filozofii nauki Kuhna oparłem niedługo na drugim wydaniu i zrobiłem to, czego nie zrobił on sam: zmieniłem wywody pierwszego wydania, opierając się na *Postscriptum-1969* i paru innych tekstach

z lat 1970–1974¹. Później stwierdziłem, że z tego połączenia zadowolający system nie powstaje — co pozwoliło mi zrozumieć, dlaczego Kuhn, wbrew składanym obietnicom, nawet nie zaczął pisać kolejnej książki z filozofii nauki. Jego późniejsze artykuły filozoficzne też były niezbyt udane — żaden nie funkcjonuje dziś jako istotne uzupełnienie czy modyfikacja poglądów zawartych w *Strukturze*. (Przy okazji, wydanie trzecie było przedrukiem drugiego, a czwarte, jubileuszowe, różniło się tylko dodaną przedmową Iana Hackinga).

Inna uwaga Roskala mnie zawstydziła: nie powołałem się na książkę Michała Kokowskiego. Prawdę mówiąc, nie wiedziałem o jej istnieniu. Odkąd przestały wychodzić „Principia — Ekspres Filozoficzny”, a mnie odmówiono pieniędzy na kontynuowanie prac nad Polskim Indekssem Filozoficznym, zostaliśmy pozbawieni elementarnych informacji o tym, co piszemy. My, polscy filozofowie, publikujemy obecnie około 250 książek rocznie (nie licząc przekładów), zapełniamy też zeszyty co najmniej 60 czasopism filozoficznych (a kilkadziesiąt innych też zaliczanych jest, w ministerialnych wykazach, do dyscypliny „filozofia”). Od dawna nas to przerasta, a brak centralnych wykazów powoduje, że nagminnie swoje prace ignorujemy. Z łatwością, zaglądając do „The Philosopher’s Index”, „PhilPapers” i innych informatorów, docieramy do tego, co opublikowano po angielsku, niemiecku czy francusku, nie znamy natomiast własnego dorobku. Nie usprawiedliwia to mojego przeoczenia, ale wskazuje też na poważny problem, przed jakim stoimy jako środowisko.

Roskal zarzuca mi pewne uproszczenia historyczne. Zauważa na przykład, że pisząc o odkryciu helu pomijam prace Luigiego Palmieriego. Podobnych pominięć jest u mnie mnóstwo, wymusiła je konieczność ograniczenia objętości narracji historycznej do rozsądnych rozmiarów. Każdy, kto zajrzy do obszernej historii takich czy innych badań, z łatwością wypisze setki przykładów pominięć. Jeśli mam uznać tego typu zarzuty, to trzeba by wykazać, że w wyniku danego pominięcia coś straciłem, czegoś istotnego nie dostrzegłem albo że pozwoliło mi ono na wygłaszanie twierdzeń, które po uwzględnieniu danego szczegółu byłyby trudne do utrzymania. Do tego typu dyskusji chciałbym zachęcić swoich czytelników — bo to może ulepszyć nasze rozumienie nauki i wiedzy ludzkiej w ogóle.

Wróć jeszcze do uwag Roskala. Twierdzi on, że nie uzasadniłem należycie tezy o tym, iż Michelson nie przejął się zbyt „anomalnym” wynikiem słynnego eksperymentu interferometrycznego z 1887 roku. Tymczasem zaznaczam, że nie kontynuował on badań na ten temat. Czy o naukowcu, który porzuca badania zaraz po uzyskaniu dziwnego wyniku i nigdy do nich nie wraca — choć czynili to inni — można powiedzieć, że się tym wynikiem przejął? Cytuję też wypowiedź Michelsona o stanie fizyki wygłoszoną 16 lat później, podczas której ani słowem nie zająknął się o tym, aby wyniki jego eksperymentów miały zagrozić mechanice klasycznej. Tu znów można by grzebać się w szczegółach, badać po kolei publikacje Michelsona, analizować jego zachowaną korespondencję, wspomnienia współpracowników itp. Gdyby wyniki takich badań podważyły moje opinie, chętnie wdałbym się w dyskusję. Jeszcze raz podkreślę: podobnych uproszczeń nie da się uniknąć.

¹ W. Sady, *Thomas S. Kuhn o nauce normalnej i rewolucjach naukowych*, [w:] *idem, Spór o racjonalność naukową: od Poincarégo do Laudana*, Toruń 2014, s. 249–302.

Nie wiem natomiast, czym zasłużyłem sobie na opinię Zenona Roskala: „[Sadego] rozumienie filozofii jest minimalistyczne. Właściwie poza badaniem zjawiska nauki nie widzi dla niej innych zadań”. Po pierwsze, nigdy takich twierdzeń nie wygłaszałem. Po drugie, w latach 2010–2014 opublikowałem trzy tomy *Dziejów religii, filozofii i nauki* (Kęty: Marek Derewiecki), w których między innymi omówiłem (choć nie bez uproszczeń) poglądy klasyków filozofii od VI wieku p.n.e. do XVI wieku — bynajmniej nie jako badaczy zjawiska nauki. (Sporo napisałem tam też o Pawle z Tarsu, Jezusie z Nazaretu czy o Marcinie Lutrze — nie jako o naukowcach). W 2013 roku opublikowaliśmy, z moją żoną Katarzyną Gurczyńską-Sady, książkę *Wielcy filozofowie współczesności*² — ani jeden z jej bohaterów nie był filozofem nauki i w ogóle o nauce nie ma tam ani słowa.

2

Zenon Roskal jakoś też żałuje, że ograniczyłem się do dwóch tylko rewolucji naukowych, w dodatku w dojrzałej fizyce. Powstaje w związku z tym pytanie: ile dotąd dokonało się rewolucji naukowych? Kuhn pisał zarówno o rewolucjach globalnych, takich jak przejście od fizyki Arystotelesa do mechaniki Newtona, a od mechaniki Newtona do teorii względności i mechaniki kwantowej, jak i o rewolucjach lokalnych, takich jak odkrycie promieni X, przejście od kontaktowej do chemicznej teorii działania stosu Volty, czy wprowadzenie przez Plancka kwantu działania (bez względu na dalszy rozwój wydarzeń). Te pierwsze, zdawał się twierdzić, sprawiają, że wszyscy przedstawiciele danej dyscypliny zaczynają uprawiać swój zawód w innym świecie, te drugie zmieniają sposoby prowadzenia badań przez specjalistów z danej, czasem drobnej, dziedziny, podczas gdy podstawy innych części całej dyscypliny pozostają nienaruszone. To rozróżnienie nie jest, moim zdaniem, płodne. Przede wszystkim mnoży liczbę rewolucji ponad rozsądną miarę: każde odkrycie nowego rodzaju obiektów, substancji, procesów czy powiązań między nimi trzeba będzie uznać za rewolucję naukową. W wyniku każdego takiego odkrycia częściowo zmienia się przecież język danej dyscypliny, sposób widzenia danej grupy zjawisk, sposoby opracowywania wyników eksperymentów itp.

Ile dotąd wydarzyło się naukowych rewolucji globalnych? Rewolucja kopernikańska była częścią tej prowadzącej od fizyki Arystotelesa do mechaniki Newtona. Jeśli o zjawiska cieplne chodzi, to zarówno zwolennicy teorii ciepłota, jak i zwolennicy teorii kinetycznej stosowali w nich prawa mechaniki klasycznej. Według rekonstrukcji, jaką proponuję w swojej książce, wprowadzenie kinetyczno-molekularnej teorii ciepła i użycie w niej rachunku prawdopodobieństwa, było pierwszym krokiem ku rewolucji kwantowej. Podobnie przejście w elektrodynamice od opisu w kategoriach sił działających na odległość do opisu w kategoriach pól (co początkowo rozumiano jako mechaniczny stan eteru) interpretuję nie jako samodzielną rewolucję, ale jako początek rewolucji relatywistycznej. Mamy więc trzy globalne rewolucje w fizyce — i może czwartą, zwieńczoną powstaniem ogólnej teorii względności.

² W. Sady, K. Gurczyńska-Sady, *Wielcy filozofowie współczesności*, Kęty 2013.

Częściową rekonstrukcję rewolucji newtonowskiej ogłosiłem już po opublikowaniu książki³. W jej przypadku też, jak twierdzą za Pierre Duhemem i wieloma innymi, proces przeobrażeń miał charakter ciągły; tyle że faza pośrednia, eklektyczna, trwała przez co najmniej tysiąc lat (tyle upłynęło od prac Jana Filoponosa do Galileusza i Kartezjusza).

Co z chemią? Była tradycja badań alchemicznych, prowadzonych zwłaszcza w świecie islamu. Uzyskano w jej ramach pewne ciekawe wyniki, ale na miano naukowej ta tradycja jeszcze nie zasługuje. Można historię chemii zacząć od teorii flogistonu, nie ze względu na zalety teorii Stahla, ale ze względu na serię odkryć dokonanych w trakcie inspirowanych przez nią badań w drugiej połowie XVIII wieku. Dokonano ich, gdy — w odróżnieniu od Stahla — zaczęto systematycznie ważyć substancje przed i po reakcji, a także kontrolować to, co dzieje się z „powietrzem”. Doprowadziło to do odkrycia flogistonu (Cavendish 1766), powietrza całkowicie nasyconego flogistonem (D. Rutherford 1772) oraz powietrza zdeflogistonowanego (Priestley 1774). Rewolucyjnej reinterpretacji tych odkryć dokonał — w świetle własnych badań i po dyskusjach z Priestleyem — Lavoisier. Wspomniane gazy stały się wodorem, azotem i tlenem, powietrze mieszaniną azotu i tlenu, a woda związkiem tlenu i wodoru. Lista pierwiastków, jaką podał Lavoisier, w jednej trzeciej była błędna (znalazły się na niej między innymi ciepło i światło), ale wprowadzone do niej później poprawki, co zwińczyło sformułowanie tablicy Mendelejewa, miały charakter wyraźnie kumulatywny. Od lat trzydziestych ubiegłego wieku część chemii zyskała charakter kwantowy, niemniej w tej dyscyplinie nie było już zmian, które dałoby się określić mianem rewolucyjnych.

Czy ukazanie się Charlesa Lyella *The Principles of Geology* (1830–1833) bądź Charlesa Darwina *On the Origin of Species* (1859) było zwieńczeniem rewolucji naukowych odpowiednio w geologii i w biologii? Trudno to porównać ze wspomnianymi wielkimi rewolucjami w fizyce, bo choć w obu dziedzinach systematyczne badania — zasługujące na miano naukowych — prowadzono już wcześniej, to obie książki kończyły proces dojrzewania obu dyscyplin, a nie wyparły rozwiniętych programów badawczych. Odkrycia dokonane w geologii przez zwolenników neptunizmu z jednej, a plutonizmu z drugiej strony, zostały wchłonięte przez uniformitarianizm Lyella. Podobnie Darwin korzystał z prac swego dziadka, Erasmusa Darwina, czy Lamarcka. Skłaniam się obecnie do takiego poglądu, choć znam te historie dość pobieżnie i gotów jestem zmienić zdanie pod wpływem dobrych argumentów.

Nie potrafię natomiast wyrobić sobie zdania w dyskutowanej teraz kwestii, jeśli chodzi o nauki społeczne. Tam sytuacja jest niebywale skomplikowana, ze względu na współlistnienie co najmniej kilku programów badawczych w ramach każdej z dyscyplin, złożone procesy oddziaływań między nimi itp.

Podsumowując, globalnych rewolucji w naukach przyrodniczych doliczyłem się chyba nie więcej niż pięciu, może siedmiu. Może ktoś przekona mnie, że było ich więcej.

³ W. Sady, *O historycznym związku mechaniki Arystotelesa i mechaniki Newtona*, „Filozofia Nauki” 28 [4] (2020), s. 61–82.

Kuhn w swojej książce, przytaczając historyczne epizody ilustrujące rozważania filozoficzne, wciąż przeskakuje z tematu na temat. Systematycznie opisał później proces narodzin wczesnej mechaniki kwantowej — ale w tych pracach nie pomieścił żadnych tez filozoficznych. Ja wybrałem metodę systematycznej rekonstrukcji dwóch historii, w nadziei, że w odniesieniu do nich moje tezy filozoficzne będą rzetelnie uzasadnione — i można ich będzie użyć w badaniach nad pozostałymi rewolucjami. Mnie już życia na to nie wystarczy, ale może inni spróbują.

3

Szkoda, że książka Adama Groblera (2019) o sandwichowej teorii wiedzy ukazała się dopiero wtedy, gdy kończyłem pracę nad swoją książką. Choć z częścią wyrażonych tam poglądów się nie zgadzam, to inne pod wieloma względami wzbogaciłyby moje rozważania. To jednak temat na inny artykuł. Odpowiem natomiast na dwa zadane przez Adama pytania.

Geneza operatorów dywergencji i rotacji nie ma w sobie nic tajemniczego. W połowie XIX wieku zaczęto stosować równania mechaniki do opisu ośrodków ciągłych, np. ruchów gazów bądź cieczy. Funkcja $f(x, y, z, t)$ opisująca ruch danego ośrodka jest funkcją wektorową: w każdym punkcie porusza się on z daną prędkością w danym kierunku. Jeśli ośrodek jest ściśliwy, to do pewnych obszarów będzie go w danej chwili więcej wpływać, niż z nich wypływać bądź na odwrót. Taka różnica — na mocy definicji pochodnej — jest dana przez $\partial f_x / \partial x + \partial f_y / \partial y + \partial f_z / \partial z$. Maxwell w artykułach z lat 1855–1864 zapisywał to w tej postaci. Później wprowadzono skrót: $\text{div } f$. Jeśli w ośrodku ciągłym powstają wiry, to opiszemy je stosując odpowiednią kombinację pochodnych cząstkowych, czego tu wyjaśniać nie będę, bo jest to oczywiste dla fachowców, a niezrozumiałe dla osób z rachunkiem różniczkowym nieobytych. (I w tym przypadku Maxwell do lat siedemdziesiątych XIX wieku wypisywał wszystkie pochodne oddzielnie).

Jeśli o pojęcie prawdy chodzi, to przyznam, że nie potrafię się zdecydować, czy przyjąć klasyczne czy epistemiczne (zrelatywizowane do stylu myślowego). Podejrzewając mnie o sympatie do relatywizmu Grobler stwierdza: „takie stanowisko pozostawia bez wyjaśnienia motywacje stojące za rewizją presupozycji, założeń czy zawiązków, jakkolwiek je zwać”, by za chwilę dodać, że wybór założeń staje się wtedy „niepojętym błyskiem twórczej fantazji”. Otóż według dokonanych przeze mnie rekonstrukcji problem wyboru — czy to racjonalnego, czy pozostającego pod wpływem czynników zewnętrznych — właściwie nie powstaje. Jeszcze raz naszkicuję schemat, do jakiego doszedłem.

Rewolucja naukowa zaczyna się nie od stwierdzenia, że system teoretyczny nie zgadza się z pewnymi wynikami eksperymentów, ale od utraty przez system wewnętrznej spójności. Uczni używają systemu planując eksperymenty, a następnie z ich wyników oraz posiadanej wiedzy wyciągając wnioski. Źródłem teoretycznych nowości nie jest, jak twierdzą, wyobraźnia, ale są nią wyniki eksperymentów. Zdarza się, że po dodaniu kolejnego wniosku do systemu nie da się stosować wszystkich jego twierdzeń równocześnie.

Uczeni — łącznie z samym „twórcą” — zrazu nie zdają sobie z tego sprawy. Ponieważ nowe twierdzenia mają udane zastosowania — choćby do tej grupy zjawisk, z której je wywnioskowano — to część uczonych, zwykle należących do kolejnego pokolenia, próbuje stosować je w dociekaniach nad naturą zjawisk kolejnych. Nie musi tak się stać, ale jeśli środowisko jest dostatecznie liczne, to działa mechanizm — powtórzmy za Fleckiem — piasku niesionego przez wiatr, który nieuchronnie wypełnia wszystkie zagłębienia. Ci uczeni stwierdzają, że nie da się w sposób spójny stosować starych i nowych twierdzeń jednocześnie. Próbują to robić, tak jak próbowali Lorentz czy Bohr, ale co chwila muszą obowiązywanie pewnych zasad zawieszać.

W trzecim zwykle pokoleniu pojawia się wreszcie ktoś, kto stosuje nowe twierdzenia już bez starych — i daje początek nowemu programowi badawczemu. Nie sądzę, aby istniały jakieś kryteria racjonalności, które prowadzą do tego typu decyzji. Można ją podjąć na próbę — aby stwierdzić, co z tego wyjdzie.

Jeśli środowisko jest nieliczne, tak jak to było przed wiekiem XVIII, cały ten proces może trwać przez wieki lub nigdy się nie wydarzyć. Hipparch z Nikai w II wieku p.n.e., jeśli wierzyć uwagom Simplikiosa, z refleksji nad ruchem ciał wyrzuconych pionowo w górę i zasad fizyki Arystotelesa wywiódł twierdzenie o sile nabytej, przekazanej ciału przez pierwotnego sprawcę ruchu i trwającej czas jakiś po utracie z nim kontaktu. Nic nie wiemy o tym, aby w ciągu następujących siedmiu wieków ktoś takie twierdzenie próbował stosować. W VI wieku rozwijał tę koncepcję — lub doszedł do niej samodzielnie — Jan Filoponos, a po kolejnych czterystu czy sześćset latach Awicenna i paru innych uczonych świata islamu. Podjęło ją w XIII i XIV wieku rozproszone grono uczonych w średniowiecznej Europie, gdzie zyskała miano teorii impetusu. Jedna z jej wersji prowadziła do wniosku — obecnego w pismach Jana Buridana w XIV wieku — że ciało wprawione w ruch w poziomie, przy braku oporów środowiska, będzie poruszało się ruchem jednostajnym. Ale trzeba było czekać jeszcze prawie trzysta lat, aby Galileusz i Kartezjusz wprowadzili to jako pełnoprawną zasadę do swych teorii ruchów ciał (ruchy „bezwładne”, według Galileusza, miały odbywać się po okręgach, a zdaniem Kartezjusza po prostych), a jeszcze kilkadziesiąt, aby Hooke, a za nim Newton (górujący nad Hookiem jako matematyk) zbudowali na tej podstawie — i wykorzystując heliocentryczny model ruchów planet — system mechaniki klasycznej.

4

Większą część tekstu Marcina Gilety, Sebastiana Kozery i Andrzeja Łukasika wypełnia streszczenie mojej książki, świadczące o tym, że jej przesłanie nieźle zrozumieli. Bardzo mnie to cieszy. Na ostatnich stronach zadają nieco pytań i wysuwają pewne zarzuty.

Jeśli chodzi o pytanie, czy wybór przesłanek w sytuacji rewolucyjnej — gdy system teoretyczny utracił spójność — ma charakter twórczy, to już odpowiedziałem, że moim zdaniem nie ma.

Słuszne są zarzuty, że nadmiernie zawęziłem użycie słowa „wyobraźnia”, a w każdym razie, że swego użycia w dostatecznie jasny sposób nie zdefiniowałem. Wpro-

wadza to zamęt jeśli chodzi o rolę eksperymentów myślowych — choć nie powiedziałbym, jak czynią to Gileta, Kozera i Łukasik, że są one „produktem czystej wyobraźni”. Tu nie jest z kolei jasne, jaka wyobraźnia byłaby czysta. Czy chodzi o wyobraźnię niczym nieskrepowaną? Takiej, jak stanowczo twierdzę, nie ma: to, co uczony może sobie wyobrazić, jest kształtowane przez przyswojony system teoretyczny i ogół jego udanych zastosowań. Nikt przed 1923 rokiem nie wyobrażał sobie interferencji strumienia elektronów. A co do Galileusza, to żadna gra wyobraźni nie doprowadziłaby go do twierdzenia, że w próżni wszystkie ciała spadałyby jednakowo. Prowadziły do niego dość prostą drogą eksperymenty z dwoma spadającymi swobodnie kamieniami, z których jeden był wielokrotnie cięższy od drugiego — zwłaszcza w zestawieniu z eksperymentami, w trakcie których swobodnie spadały kamień i ptasie pióro. Dochodziły do tego wyniki eksperymentów z wahadłami czy kulkami staczającymi się z równi pochyłej. Trzeba też pamiętać o wpływie na wyobraźnię Galileusza, we wczesnej fazie jego badań, ze strony wspomnianej przed chwilą teorii impetusu.

Galileusz rozważa między innymi przypadek dwóch ciał o różnych ciężarach związanych z sobą. Zauważa, że gdyby przyspieszenie zależało od ciężaru, to ciało lżejsze spowalniałoby cięższe, w rezultacie wypadkowe przyspieszenie przyjęłoby wartość mniejszą niż przyspieszenie cięższego ciała spadającego z osobna. Ale z drugiej strony ciężar tych związanych ciał — a wszystkie ciała składają się przecież z mniejszych części połączonych z sobą — jest większy niż ciężar każdego z nich z osobna. Czyli że przyspieszenie przez nie doznawane byłoby większe niż to, z jakim spadałoby cięższe z obu ciał. W ten sposób Galileusz obala, przez redukcję do absurdu, twierdzenie o zależności przyspieszenia od ciężaru. Czy jest to gra wyobraźni? Owszem, wyobrażamy sobie układ dwóch połączonych z sobą, spadających ciał. Ale dalej mamy już rozumowanie podległe prawom logiki: z teorii quasi-arystotelesowskiej wynika p i zarazem wynika $\neg p$, a zatem teoria jest logicznie sprzeczna.

Gdy Maxwell w 1864 roku zapisał — w bardzo jeszcze nieprzejrzystej postaci — układ równań elektrodynamiki, to w ich matematycznej strukturze kryły się — z dokładnością do dowolnej funkcji prędkości — transformacje zwane dziś transformacjami Lorentza, stanowiące podstawę szczególnej teorii względności. Zrazu nikt nie zdawał sobie z tego sprawy, ale w latach dziewięćdziesiątych XIX wieku zaczęto to sobie stopniowo uświadamiać, zwłaszcza gdy próbowano wyjaśnić wyniki eksperymentów dotyczących wpływu ruchu Ziemi, a także ruchu ośrodków (jak w eksperymentach Fizeau z 1851 czy Michelsona-Morleya z 1886 roku), na rozchodzenie się światła. Oczywiście wyobrażano sobie przy tym różne sytuacje (przeprowadzono eksperymenty myślowe), ale wszystko to dokonywało się pod presją formalnej struktury równań Maxwella. Gdy pytano, co stanie się w wyobrażonej sytuacji, to odpowiedzi udzielała nie wyobraźnia, ale rozumowania polegające na wyciąganiu wniosków z wiedzy zastanej i „wyobrażonych” warunków początkowych. Mam nadzieję, że te wyjaśnienia pomogą zrozumieć moje stanowisko.

Gileta, Kozera i Łukasik zgadzają się ze mną, że szczególna teoria względności pojawiła się wtedy, gdy stan fizyki do tego dojrzał. Ale zauważają: „Znacznie trudniej w [Sadego] schemat rozwoju nauki wpisać sformułowanie ogólnej teorii względ-

ności” i sugerują, że — wbrew mojemu stanowisku — Einstein jednak wyprzedził swój czas. Trudno mi na to odpowiedzieć, znam ogólną teorię względności tylko z popularnych opracowań, a wiedzy o pracach Einsteina nad jej sformułowaniem nie mam prawie żadnej. Mimo to spróbuję trochę pospekulować.

Wzory transformacyjne, będące podstawą szczególnej teorii względności, stosują się — ściśle rzecz biorąc — wyłącznie do układów inercjalnych. Jeśli znajdowały udane zastosowania, to dlatego, że układ związany z naszą Ziemią jest inercjalny z dobrym przybliżeniem. Ale gdy chcemy budować modele ściślejsze, to trzeba uwzględnić między innymi, że Ziemia porusza się nie ruchem jednostajnym po linii prostej, ale ruchem mniej więcej jednostajnym po mniej więcej okręgu. Co wtedy? Zgodnie z transformacjami Lorentza wymiary ciał poruszających się zmniejszają się w kierunku ruchu, natomiast w kierunkach prostopadłych pozostają bez zmian. To by znaczyło — gdybyśmy chcieli użyć tych transformacji w teoretycznej analizie ruchu po okręgu, a może lepiej ruchu wirującej tarczy — że obwód okręgu się zmniejsza, podczas gdy jego średnica się nie zmienia (pręty miernicze, ułożone na obwodzie, skracają się, podczas gdy te leżące wzdłuż średnicy stają się cieńsze, ale długości nie zmieniają). Mamy zatem — tymczasowy — wniosek, że dla ruchu po okręgu wzór na jego obwód $2\pi r$ przestaje obowiązywać.

Gileta, Kozera i Łukasik mają rację, gdy piszą: „w tym przypadku nie było żadnych eksperymentów, na których [Einstein] mógł się oprzeć”. Miał natomiast Einstein nie tylko poważny problem z niesprzecznością szczególnej teorii względności w jej zastosowaniach do układów nieinercjalnych, ale dysponował też narzędziem pozwalającym mu ten problem podjąć, a mianowicie systemami geometrii nieeuklidesowych. Wyobraźmy (*sic!*) sobie koło, wykonane z plasteliny, które deformujemy robiąc z niego misę, tak aby w miarę możliwości nie naruszyć jego pierwotnej średnicy r . Obwód misy nie będzie się wyrażał wzorem $2\pi r$. Myśląc w sposób ukształtowany przez geometrię euklidesową stwierdzimy, że dawna średnica nie jest już średnicą. Ale gdy naszą wyobraźnię kształtują systemy geometrii nieeuklidesowych, możemy stwierdzić — mówiąc potocznie — że dwuwymiarowe koło zostało zakrzywione w trzecim wymiarze, wobec czego wzór $2\pi r$ nie obowiązuje.

Jeśli więc chcemy stosować równania teorii względności do układów nieinercjalnych, to jakoś podsuwa to pomysł, że ruch przyspieszony deformuje przestrzeń (a raczej czasoprzestrzeń). Nie mam jasności, co mogłoby podsunąć myśl o tym, że grawitacja dokonuje analogicznej deformacji (chyba byłaby to potwierdzona z wielką dokładnością równość mas bezwładnej i grawitacyjnej). Poprzestanę więc na tych szczątkowych sugestiach, jak mogłaby wyglądać racjonalna rekonstrukcja drogi do ogólnej teorii względności.

5

Marek Woszczyk trafnie wytknął mi słaby punkt w książce: to, co twierdzę w rozdziale 8.3. *Czy rozwój nauki jest zdeterminowany?* Przyznam, że dopisałem ten rozdział nagle, już po zakończeniu pracy nad resztą tekstu. Byłem pod wrażeniem z jednej strony matematycznej równoważności teorii Larmora (przy jej pew-

nych drobnych brakach), Lorentza-Poincarégo i Einsteina, a z drugiej równoważności mechanik kwantowych opracowanych, częściowo niezależnie, przez Heisenberga, Schrödingera i Diraca. A równocześnie braku jakichkolwiek wobec nich alternatyw. Wyglądało mi na to, że rozwój fizyki poszedł, w obu przypadkach, w jedynym możliwym kierunku — choć jest to raczej wyznaczenie wiary niż rzetelnie uzasadniona teza. Oczywiście — i tu Woszczek ma całkowitą rację — przeniesienie tego rodzaju ustaleń z fizyki na inne nauki, z natury mniej „twarde”, jest wysoce ryzykowne. Ratuje mnie to, że w ostatnim akapicie tego rozdziału sam takie wątpliwości wyraziłem (w odniesieniu do procesu narodzin fizyki w XVII wieku). Niemniej właściwsze byłoby zastąpienie w tytule słowa „nauka” słowem „dojrzała fizyka”.

Tekst całej książki kończę uwagą, którą przytoczę, bo określa ona sens tego, co, jak sądzę, udało mi się dokonać: „nie da się *a priori* orzec, na ile naszkicowany powyżej schemat mechanizmów relatywistycznej i kwantowej rewolucji może zostać zastosowany w badaniach nad innymi przewrotami w dziejach myśli, w naukach, a może też w religiach, w filozofiach czy w myśleniu potocznym. Niemniej wyraźnie wskazuje on kierunki tego rodzaju badań”.

Największą satysfakcję przyniosłoby mi to, gdyby inni podjęli badania podobne do moich, moje metody dociekań i ustalenia traktując jako punkt odniesienia. Tak postępuje się w naukach. W okresie narodzin każdej z dyscyplin bada się zjawiska bardzo nieliczne, te, które wydają się ze wszystkich najprostsze. (W „naukowych” księgach *Rozmów i dowodzeń matematycznych* Galileusz relacjonuje badania nad kulkami toczącymi się po gładkiej, poziomej powierzchni, staczanie się kulek po równiach pochyłych i wtaczanie na nie kulek wcześniej rozpedzonych, ruchy wahadeł w dobrym przybliżeniu matematycznych, a wreszcie ruch pocisku wyrzuconego pod pewnym kątem do poziomu — i to wszystko. Newton w *Matematycznych zasadach filozofii przyrody* formułuje prawa mechaniki odwołując się jedynie do modelu ruchów planet wokół Słońca i ruchów księżyców wokół planet, co uzupełnia wynikami eksperymentów z wahadłami). Jeśli uda się uzyskać ciekawe rezultaty, wykorzystuje się je w badaniach nad zjawiskami kolejnymi, zwykle nieco bardziej skomplikowanymi. (To właśnie, stosując prawa mechaniki, robili fizycy w ciągu XVIII i XIX wieku). W trakcie tych kolejnych badań system teoretyczny nieustannie się wzbogaca, czasem modyfikuje, a niekiedy ulega rewolucyjnym przeobrażeniom. W filozoficznych badaniach nad naturą wiedzy ludzkiej trzeba postępować podobnie.

Rzuconego mi przez Woszczka wyzwania nie podejmę: nie przeanalizuję „dowodu hipotezy ABC (Oesterlégo-Massera) z teorii liczb, który w połowie 2012 roku przedstawił japoński matematyk Shin’ichi Mochizuki”. Brak mi do tego kompetencji, a życia mam już przed sobą niewiele. Bardzo natomiast dziękuję za uwagi poczynione w dwóch ostatnich akapitach tekstu. Stanowią one cenne uzupełnienie tego, o czym pisałem.

6

Marek Sikora zaczyna od krótkiej i celnej charakterystyki moich poglądów na mechanizm rozwoju wiedzy naukowej, a także od wskazania, że analizy, jakie prze-

prowadziłem, rzucają sporo światła na spór realistów z antyrealistami na temat statusu naukowych przekonań. Jest pewną wadą mojej książki to, że wyraźnego stanowiska w tym sporze nie zająłem. Zaczynając swoją przygodę z filozofią nauki, skłaniałem się silnie — przyjmując za podstawę teoretyczną uwagi Wittgensteina z kart *O pewności*, a za materiał empiryczny historię teorii eteru — ku antyrealizmowi⁴. W miarę upływu lat poglądy moje łagodniały, a dziś jestem wręcz skłonny bronić tezy — na której rozwinięcie brak tu miejsca — że kryterium naukowości przekonań jest ich prawdziwość w niemal klasycznym tego słowa znaczeniu.

Na samym początku książki stwierdziłem, że wraz z zastąpieniem mechaniki klasycznej przez teorię względności z jednej, a mechanikę kwantową z drugiej strony, kantyzm odszedł do lamusa, Marek Sikora broni obecności kantyzmu we współczesnej refleksji nad nauką. Oczywiście historycznie wielką zasługą Kanta było wykazanie, że w systemie mechaniki klasycznej znajdują się elementy aprioryczne. A także to, że odgrywają one w procesie poznawania czynną rolę, kształtując z jednej strony sposób, w jaki postrzegamy zjawiska, a z drugiej sposób, w jaki o zjawiskach myślimy. Ale nie mając materiału porównawczego, Kant te założenia, które leżały u podstaw mechaniki klasycznej — twierdzenia arytmetyki, geometrii euklidesowej i swoście rozumianego czystego przyrodoznawstwa, uznał za konieczne. Już gdy Łobaczewski, Bolyai i Riemann sformułowali geometrie nieeuklidesowe, to sformułowali coś, co w świetle kantyzmu sformułowane być nie mogło. A gdy te geometrie znalazły zastosowanie w fizyce — co doprowadziło do wielkich sukcesów poznawczych — to kazało to przemyśleć naturę wiedzy ludzkiej od podstaw.

W filozofii nauki XX wieku istniały dwa najważniejsze nurty. Frege — który zmodyfikował dość istotnie kantowskie pojęcie analityczności (analityczne są, zdaniem autora *Die Grundlagen der Arithmetik*, definicje i każde zdanie wynikające logicznie z samych definicji) — przekonał wielu, że twierdzenia arytmetyki nie są syntetyczne *a priori*, ale analityczne. W tym samym czasie Poincaré uznał aksjomaty geometrii za definicje „w przebraniu”, co w świetle kryterium Fregego kazało również te twierdzenia określić mianem analitycznych. Jego stanowisko zmodyfikowali empiryści logiczni, którzy, akceptując argumenty Fregego za analitycznością arytmetyki, geometrię podzielili na czystą i stosowaną. W geometrii czystej twierdzeń dowodzi się pokazując, że wynikają one logicznie z aksjomatów — a skoro aksjomaty definiują zawarte w nich terminy, to cały system czystej geometrii jest analityczny. Geometria stosowana powstaje z czystej przez dodanie reguł empirycznej interpretacji jej twierdzeń, na przykład określenie sposobu pomiaru odległości lub tego, co w świecie uważamy za linię prostą. To sprawia, że twierdzenia geometrii stosowanej są sprawdzalne empirycznie. Empiryści logiczni dodali do tego program oczyszczenia nauki ze wszelkich elementów metafizycznych, a za takowe uznali między innymi kantowskie sądy czystego przyrodoznawstwa. W sumie system nauk miał składać się wyłącznie ze zdań analitycznych, prawdziwych na mocy znaczeń terminów, z jakich są zbudowane i reguł składni, oraz ze zdań empirycznych, czyli empirycznie weryfikowalnych, a przynajmniej potwierdzalnych.

⁴ W. Sady, *Co to znaczy, że coś istnieje?*, „Studia Filozoficzne” 11–12 (1982), s. 3–20.

Przedstawiciele drugiego nurtu — Fleck, Kuhn, Feyerabend, Lakatos i ich następcy — nie broniąc syntetyczności *a priori* arytmetyki i geometrii, uznawali „metafizyczną” część za niezbywalną w systemie nauk. Bez tej części, której Kant nadał miano czystego przyrodoznawstwa, nie byłibyśmy w stanie zjawisk ani spostrzegać, ani o nich myśleć. Ale po doświadczeniu zmian w fizyce na początku XX wieku wszyscy oni zgadzali się, że elementy czynne Flecka czy twarde rdzeń programu badawczego są historycznie zmienne. Po drugie, zdaniem najważniejszych przedstawicieli tego nurtu nie są one dane podmiotowi poznającemu, ale wytworzone przez wspólnotę myślową, zaś jej nowym członkom przekazywane w procesie socjalizacji. Dlatego napisałem, że kantyzm odszedł do lamusa. Nie znam ani jednej pracy z zakresu filozofii i metodologii nauk, której autor/ka korzystał/aby z *tezy Krytyki czystego rozumu*. Co nie znaczy, że nie mamy doceniać wielkiej historycznej roli Kanta — również jako prekursora społecznego konstruktywizmu.

7

Wnikliwe uwagi Łukasza Mściślawskiego wymagają starannych odpowiedzi. Zaczęną od drobnego nieporozumienia. Początkiem rewolucji naukowej według moich rekonstrukcji jest pojawienie się niespójności nie „w zestawieniu wiedzy teoretycznej danego okresu z danymi doświadczalnymi”, ale w samym systemie wiedzy teoretycznej. Pisałem już o tym, odpowiadając na uwagi Adama Grobiera.

Z pewnych pominięć, jeśli chodzi o uwzględnione epizody i procesy historyczne, też już się tłumaczyłem. Nie żałuję pominięcia roli Minkowskiego: w swych dwóch artykułach z 1905 roku Einstein przedstawił szczególną teorię względności w postaci kompletnej. Pomysły Minkowskiego uczyniły ją łatwiejszą do zrozumienia, a zwłaszcza do stosowania, ale treści teorii nie zmieniły. O powstaniu ogólnej teorii względności poczyniłem pewne uwagi wcześniej, ale — jak zaznaczyłem — brak mi kompetencji do tego, by dokonać rzetelnej rekonstrukcji drogi do niej wiodącej. Sam żałuję tego, że ograniczyłem się do starej teorii kwantów, a proces powstania właściwej mechaniki kwantowej naszkicowałem na paru zaledwie stronach. Pisząc książkę, cały czas obawiałem się, że obecność w tekście wzorów matematycznych drastycznie zmniejszy liczbę jej czytelników — tymczasem omówienie tego, co działo się w latach 1920–1927, wymagałoby użycia matematyki bardzo zaawansowanej. Ze względu na liczbę zaangażowanych w cały proces fizyków i matematyków utrzymanie narracji na poziomie podobnym do wcześniejszych rozdziałów zwiększyłoby objętość całości może nawet dwukrotnie. (Dochodził do tego motyw osobisty. Gdy praca nad obecnym tekstem zbliżała się do końca, krakowscy chirurdzy ocalili mi życie, niemniej miałem powód, aby spieszyć się z oddaniem książki do druku).

Nie tylko Mściślawskiemu — o czym już wspominałem — nie podoba się sposób, w jaki używam słowa „wyobraźnia”. Zarazem przyznaje, że wiele moich uwag, w których się ono pojawia, jest słusznych. Proponuje w związku z tym odróżnić „wyobraźnię” od „fantazji” — i wprowadzić „fantazję” do uwag, z którymi się zgadza, „wyobraźnię” zaś zarezerwować do opisów dociekań naukowo rzetelnych. Jest to propozycja ciekawa, na pewno zadowoliliby Łukasika, Giletę i Kozereę, a ja w przyszłości wezmę ją pod uwagę.

Najciekawsze są uwagi o tym, czy i w jakim stopniu liberalna demokracja sprzyja rozwojowi nauki. Pomyślmy o uniwersytetach średniowiecznych i renesansowych. Przez co najmniej cztery stulecia uczono na nich na podstawie starożytnych ksiąg, ale nie prowadzono badań. Pisano komentarze do dzieł przed wieków, starając się wyjaśnić niejasności czy usunąć sprzeczności, ale nie próbowano połączyć powstających w ten sposób kwestii w nowe systemy teoretyczne. (Wspomniana już teoria impetusu została twórczo wykorzystana dopiero na przełomie XVI i XVII wieku). Najlepiej to widać na przykładzie losów anatomicznych dzieł Galena. Czytano je przez 350 lat na wykładach, czemu często towarzyszyły sekcje zwłok — a nikt nie dostrzegł (a jeśli dostrzegł, to nie odważył się o tym powiedzieć), że u Galena są błędy. Członkowie ściśle zhierarchizowanej, a zarazem silnie zintegrowanej — poddanej daleko posuniętej kontroli intelektualnej — społeczności nie byli w stanie zobaczyć, że nie ma czegoś, o czym czytają w książce, że widzą coś, o czym w książce nie ma, a przynajmniej nie byli w stanie się do tego przyznać.

Były wielkie cywilizacje, w których w ciągu tysiącleci nie znajdujemy ani śladu myślenia naukowego, niczego, co by choćby trochę przypominało dzieła Newtona, Lavoisiera, Darwina i ich następców. Ciekawym tego przykładem są Chiny, kraj, w którym dokonano wielu znakomitych wynalazków, a w którym aż do pierwszej połowy XX wieku nie znajdujemy nikogo, kogo byśmy mogli uznać za naukowca.

Mózgi mieli uczeni chińscy czy europejscy XIII–XVI wieku takie same jak my, a jednak używali ich inaczej. Dlaczego? Myślę, że zdecydowała o tym hierarchiczna struktura społeczna, w jakiej działali. Nagradzano posłuszeństwo autorytetom, wierność tradycji, a perspektywa oskarżenia o herezję budziła grozę. Od epoki renesansu granice wolności myślenia zaczęły się poszerzać, między innymi w wyniku rozpadu zachodniego chrześcijaństwa, rosnącej w niektórych krajach emancypacji mieszczań itp. Stopniowo coraz większa część aparatu władzy pochodziła z wyboru, a czynne i bierne prawo wyborcze zyskiwały kolejne grupy społeczne (jedno i drugie stanowi fundament demokracji). Proces to był powolny i pełen zwrotów (przypomnijmy, że we Francji kobiety zyskały prawa wyborcze w 1944 roku, raczej wskutek obecności w kraju armii amerykańskiej niż samodzielnej decyzji Francuzów). Powstanie nowych sposobów produkcji, a zwłaszcza od końca XVIII wieku poczynając produkcji przemysłowej, poszerzyło z kolei obszar wolności (fundamentu liberalizmu). Coraz więcej ludzi mogło, jeśli zechciało, zmieniać miejsce pobytu, kształcić się, zakładać własne firmy, a nawet wybierać religię. Trudno nie zauważyć związku sukcesów nauki angielskiej z tym, że Newton, Faraday i wielu innych, pochodzących z niskich warstw społecznych, nie tylko zyskało dostęp do szkół, ale za swoje dokonania zostało społecznie awansowanych. W większości innych krajów sukcesy naukowe odnosili członkowie tych warstw, które wywalczyły dla siebie znaczny stopień wolności i równości.

Mimo że nie przyszło to łatwo, a wielokrotnie się cofano, to stopień równości i wolności w Europie od epoki renesansu średnio rzecz biorąc wzrastał. Od przełomu XVIII i XIX wieku dołączyły do tego Stany Zjednoczone. W 1809 roku w Berlinie powstał Uniwersytet Humboldtów, pierwsza wyższa uczelnia badawcza. Projekt natrafił na trudności z powodu ingerencji luterańskiego duchowieństwa. Mimo licznych przeszkód udało się i Niemcy — wcześniej pozostający daleko w tyle za

Anglikami i Francuzami — dołączyli do naukowych elit. Można dodać, że jeszcze w drugiej połowie XIX wieku duchowieństwo anglikańskie dbało o niski naukowo poziom uniwersytetów w Cambridge i Oksfordzie. Około 1870 roku J.C. Maxwell nie mógł przełamać jego oporu, gdy próbował uruchomić w Cambridge wydział fizyki doświadczalnej. Pomogły dopiero prywatne fundusze — i to w Laboratorium Cavendisha zaczęto dokonywać epokowych odkryć. Krok po kroku wprowadzono rozdział między kościołami a państwami — a to powiększyło wolność myślenia.

Muszę skracać ten wywód, na koniec więc informacja, że żyjemy dziś w świecie jeszcze niewyobrażalnym w okresie, gdy rodziły się teoria względności i teoria kwantów: 56% ludzi żyje w państwach demokratycznych, a kolejne 17% w anokratycznych. W tych demokratycznych — i tylko w nich — znajduje się kilkadziesiąt najlepszych uniwersytetów na świecie. To nie może być przypadek. Nie ma lepszego środowiska dla rozwoju nauki, a także techniki, niż liberalna demokracja. I na odwrót: uczynienie z nauki i techniki podstawy naszego życia jak dotąd krok po kroku wprowadza ludzkość na drogę do liberalnej demokracji.

8

Mateusz Kotowski uważa tezę o niedookreśleniu teorii przez dane doświadczalne za epistemologicznie doniosłą — gdyż to między innymi ona legła „u początku słusznego końca nowożytnego ideału nauki”. Ja natomiast uważam, że — jak on to trafnie określił — teza ta przypomina opowieści o jednorożcach. Jednorożców nie ma, choć mogłyby być, gdyby niegdyś sprawy potoczyły się inaczej. A zatem, mógłby ktoś dodać, ta opowieść uświadamia nam, że w rozwoju życia na Ziemi nie ma niczego koniecznego. Tylko czy nie świadczy o tym proste opisanie gatunków, które niegdyś żyły i żyją obecnie? Po co do poważnego dyskursu wprowadzać bajki?

Ale chodzi tu o coś znacznie poważniejszego. Wyrażenie „dane doświadczalne” sugeruje, że chodzi o informacje, które są nam dane. Tymczasem w praktyce badawczej są one z trudem uzyskiwane. Wszystkie bez wyjątku „dane”, z jakich korzystali fizycy na przełomie XIX i XX wieku (i nie tylko), zostały wytworzone w laboratoriach, w sztucznych warunkach, takich, z jakimi w świecie życia codziennego nie mamy do czynienia. Uczestniczyli w tym liczni badacze, a ich badania trwały przez dziesięciolecia. Eksperymenty, które dostarczyły informacji o naturze promieni katodowych — co opisałem w swojej książce — prowadzono intensywnie przez co najmniej 40 lat, nim ich wyniki stały się wystarczająco wiarygodne i bogate, aby J.J. Thomson mógł wykazać, że promienie te są strumieniami naelektryzowanych korpuskuł. Jeśli wcześniej formułowano co najmniej dwie hipotezy dotyczące natury promieni, korpuskularną i falową, to nie były one równoważne empirycznie. Obie stały w obliczu eksperymentalnych anomalii, ale inne wyniki eksperymentów zdawały się przemawiać przeciwko jednej i drugiej. Trudno też o nich powiedzieć, aby były wytworami wyobraźni twórczej: zostały teoretykom narzucone przez zastany obraz świata. Stwierdzono mianowicie już w 1858 roku, że promienie katodowe w bardzo rozrzedzonych gazach rozchodzą się po liniach prostych, a jedynymi kandydatami do tej roli były fale w jednorodnych ośrodkach bądź strumienie korpuskuł niepoddanych działaniu sił.

Kolejne eksperymenty starannie planowano, opierając się na całej dostępnej w tamtym czasie wiedzy. Z jednej strony były to mechanika klasyczna, elektrodynamika i termodynamika, z drugiej chemia, a wreszcie wyniki najnowszych badań na temat rozmiarów atomów, fluorescencyjnych własności pewnych substancji, warstewek wody tworzących się na powierzchni szkła, przewodzenia prądów elektrycznych przez gazy itp. Cała ta wiedza narzucała ograniczenia na możliwe interpretacje teoretyczne uzyskiwanych wyników do tego stopnia, że twierdzenia, jakie zawarł J.J. Thomson w *Cathode Rays* (1897), już nie były hipotezami, ale wnioskami z użytego systemu wiedzy i wyników eksperymentów.

Na to może ktoś odpowiedzieć, kreśląc obraz poznającego podmiotu, który gromadzi dane doświadczalne niezależnie od jakiegokolwiek teorii, a teorię wymyśla na ich podstawie potem. Wtedy, trudno zaprzeczyć, miały swobodę wyboru między teoriami. Ale jak tego rodzaju gromadzenie danych miałyby przebiegać? Umysł pusty, powtórzmy za Fleckiem, nie spostrzega i nie myśli. Nie nazywa tego, co widzi czy słyszy, nie opisuje zdarzeń, w jakich uczestniczy. Nie jest w stanie oddzielić tego, co poznawczo ważne, od tego, co — na razie przynajmniej — stanowi nieinteresujący szum.

W swojej książce przytaczam wiele przykładów „przegapienia” odkryć eksperymentalnych. Biot i inni widzieli przywierające do siebie przewody z prądem, a nie zobaczyli sił elektromagnetycznych; Ampère i Arago coś widzieli, ale nie zobaczyli indukowania prądów elektrycznych; Becquerel, Seebeck i inni zignorowali (może tak by to trzeba nazwać?) zjawisko diamagnetyzmu. Fizycy, a wśród nich sam Stokes, poproszeni przez Hughesa o radę, zobaczyli indukcję elektromagnetyczną tam, gdzie my widzimy wytwarzanie i odbieranie fal radiowych; Goldstein, Jennings, Goodspeed, Lenard, J. J. Thomson i inni nie zobaczyli promieni X, choć widzieli zacernione płyty fotograficzne, świecące substancje i tak dalej. Znowu pokazuje to, że — choć teraz w innym sensie — „dane doświadczalne” nie są dane: żeby coś zobaczyć, trzeba wcześniej coś wiedzieć. A to, co się wie, zmusza nas do określonej reakcji na wyniki eksperymentów.

Celowo przypomniałem badania nad promieniami katodowymi, gdyż w tym przypadku J.J. Thomson słynie jako ten, kto wykazał, że są one strumieniem korpuskuł, a jego syn, G.P. Thomson, otrzymał Nagrodę Nobla za wykazanie, iż mają one własności falowe. Czy nie jest to znakomity przykład niedookreślenia teorii przez dane? Nie. Syn działał w innym kontekście teoretycznym niż ojciec. Techniki eksperymentalne, jakich użył (chodzi zwłaszcza o użycie płaszczyzn krystalicznych w miejsce siatek dyfrakcyjnych), dla ojca były nie do pomyślenia. Fale, jakie badali i w swych pracach opisywali Davisson, Germer czy G.P. Thomson, nie były falami eteru z prac Goldsteina, Hertza czy Lenarda. Tak jak korpuskuły świetlne, o których mówią fizycy kwantowi, nie są korpuskułami z obrazu świata mechaniki klasycznej: nie mają masy.

Podsumowując: przekazany młodemu naukowcowi w procesie edukacji system teoretyczny, wraz z ogółem swych udanych zastosowań, wiedzie go do badań i badania te ukierunkowuje. Wskazuje na to, jakie obserwacje poczynić, a zwłaszcza jakie eksperymenty przeprowadzić, a także kształtuje sposób, w jaki naukowiec opisze zgromadzone dane. Warunkuje sposób, w jaki dane doświadczalne zostaną opraco-

wane teoretycznie. Czasem z wiedzy zastanej i danych wynika dokładnie jeden wniosek — i wtedy o niedookreśleniu w ogóle nie ma mowy. Czasem stosowana wiedza lub zebrane dane są zbyt ubogie, co pozostawia pole wyboru. Ale i wtedy zakres hipotez, jakie naukowcy mogą sformułować, jest określony przez zastaną wiedzę.