Filozofia Nauki
Rok II, 1994, Nr 1(5)

POLEMIKI

Stanisław Wszołek

Znaczenie eksperymentu w nauce
czyli powrót do Bacona

Losy sławy Francisa Bacona (1561-1621) układaly się różnie. Za życia wzbudził wiele zainteresowania, ale po śmierci został szybko zapomniany: w XVII wieku trudno doszukać się wzmianek o lordzie kanclerzu. Natomiast w wieku XVIII myśliciele Oświecenia uznali go za swego wielkiego poprzednika. Jeszcze w pierwszej połowie XIX wieku był tu i ówdzie przyrównywany do Herkulesa walczącego z zabobonem i Solona kładącego podwaliny pod nowe czasy (Tatarkiewicz 1978, 27; Życiński 1993, 26, 315).

Przełamanie atmosfery sprzyjającej Baconowi nastąpiło w latach 60-tych XIX wieku. Wydaje się, że Justus von Liebig (1803-1873), jeden z twórców chemii organicznej, jako pierwszy podważył naukową wartość pomysłów Bacona, uznając je za typowy przejaw „pospolitego utylitaryzmu" (1863, 49,105,118). Bacon — zdaniem Liebiga — podkreślał wielką wartość eksperymentów w nauce, ale nie rozumiał ich znaczenia. Przypisywał eksperymentom rolę autonomiczną, jakby mogły one przynosić reultaty bez odwołania się do teorii. Tymczasem nauka ma charakter dedukcyjny; eksperyment jest podporządkowany myśli, a myśl zawsze poprzedza eksperyment. Krytyka Liebiga, przeprowadzona z punktu widzenia pewnej koncepcji nauki, rozdzielającej teorię od praktyki (Rossi 1984, 151), stała się początkiem długiego sporu o Bacona. Brało w nim udział wielu znakomitych historyków i filozofów nauki. Pierre Duhem zarzucił Baconowi pogardę dla abstrakcji i dedukcji (1982, 66-67), a Alexandre Koyré uznał zaliczanie Bacona w poczet twórców nowożytnej nauki za *une mauvaise plaisanterie* (1939, 6). Natomiast Louis Trenchard More, zgadzając się z tym, że Bacon nie wniósł niczego do nauki, podkreślał, że baron z Verulamu przyczynił się do powstania atmosfery sprzyjajacej rozwojowi

nauki (Dijksterhuius 1986, 397). W ostatnich latach ujawniono, że Bacon nie był bezkrytycznym entuzjastą metody empirycznej. Podkreślono także, że narzekanie na Bacona, iż nie był ani Galileuszem ani Newtonem, nie przyczyniło się do przezwyciężenia istniejących stereotypów (Rossi 1984, 148-173; 1989, 114n; Dijksterhuius 1986, 396-403).

Ożywienie zainteresowania Baconem nie nastąpiło przypadkowo. Prace historyków, sympatyzujących z Baconem, przeszłyby nie zauważone, gdyby inny czynnik nie skierował uwagi na barona z Verulamu. Chodzi o pewną zmianę, przejawiającą się w nowym rozłożeniu akcentów w filozofii nauki, której świadectwem jest książka Iana Hackinga, *Representing and Intervening* (Hacking 1990).

Poniżej, idąc za myślą Hackinga, spróbuję krótko pokazać, że zapowiedziana zmiana polega na dostrzeżeniu roli działania albo manipulowania w nauce. Podkreślając rolę eksperymentowania w nauce, zyskujemy przekonujący argument na rzecz «realizmu manipulacyjnego», który dobrze radzi sobie z problemem tzw. «obiektów nieistniejących». Omówienie tezy Hackinga i jej powiązań z toczoną od pewnego czasu na gruncie filozofii nauki dyskusją pozwoli wskazać motywy wzmożonego zainteresowania Baconem w drugiej połowie XX wieku, a przy okazji ujawni, że «nowość» Hackingowego podejścia nie jest całkiem nowa. W tym kontekście przypomnienie, że ideał nowożytej nauki empirycznej polega na ścisłym powiązaniu elementu teoretycznego z praktycznym, być może nie okaże się truizmem.

1. Reprezentacja i ingerencja.

Hacking podejmuje znane pytanie o to, czym jest nauka. Istnieje powszechna zgoda, że nowożytna nauka jest rezultatem szczególnego połączenia teorii i eksperymentu. Nikt nie wątpi, że zarówno teoria, jak i eksperymenty odgrywają w nauce centralną rolę. Teorie próbują powiedzieć, jaki jest świat; eksperymenty i technologia zmieniają świat. Przedstawiamy (reprezentujemy) i ingerujemy (manipulujemy). „Przedstawiamy, aby ingerować i ingerujemy w świetle przedstawień" (Hacking 1990, 31). Zdaniem Hackinga takiemu przekonaniu nie odpowiada to, co w filozofii nauki miało — i ciągle rzeczywiście ma — miejsce. Filozofowie nauki w zasadzie uznawali, że teoria i eksperyment odgrywają kluczową rolę w nauce. W praktyce jednak całą swą uwagę poświęcali teorii, a zaniedbali eksperymenty. Dyskutowali o przedstawieniach rzeczywistości, a nie o ingerowaniu w rzeczywistość, o użyciu wiedzy, aby zmienić świat.

Dwie mody filozoficzne — zdaniem Hackinga — przyczyniły się do zapoznania właściwej roli eksperymentu (i obserwacji[1]) w nauce. Pierwszą wyraził Willard van Orman Quine. Ostatni rozdział książki *Word and Object* (Quine, 1960) nosi prowokujący tytuł: „Semantic Ascent". Najogólniej mówiąc Quine sądzi, że filozof nie powinien rozpoczynać badań od rozważań typu: „Jakie obiekty istnieją?". Nie da się bowiem pominąć języka. Pierwsze pytanie filozofa powinno więc mieć charakter semantyczny:

[1] Hacking rozróżnia doświadczenie od obserwacji i eksperymentu. Rozróżnienie to nie jest istotne dla naszych celów.

„Co istnieje według danej teorii?". Dopiero w dalszej kolejności można zająć się tradycyjną kwestią epistemologiczną: „Jakie teorie należy przyjąć?". Na podstawie uzyskanych w ten sposób informacji można dopiero przystąpić do szukania odpowiedzi na *ontologiczne* pytanie: „Co istnieje?". Kryterium ontologicznego zaangażowania Quine'a, umożliwiające wskazanie obiektów zakładanych przez teorię, w odniesieniu do teorii naukowych wyraża postulat, aby „nie mówić o rzeczach, ale o sposobie, w jaki mówimy o rzeczach"; każe „zaniechać mówienia o obserwacji na rzecz mówienia o zdaniach obserwacyjnych", tzn. zdaniach, które mają relacjonować obserwacje (Quine 1974, 38; 1975, 197-202; 1986, 9-34). Druga moda filozoficzna polega na przekonaniu, że z dwóch elementow tworzących naukę, teorii i eksperymentu, ważniejsza jest teoria. Dominacja teorii nad eksperymentem znalazła uzasadnienie w tezie, że każde zdanie obserwacyjne jest «obciążone» teorią, że nauka ma do czynienia nie z nagimi faktami, lecz z faktami uteoretyzowanymi.

Hacking żywi poważne wątpliwości wobec tezy Quine'a. Sądzi też, że niektórzy filozofiwe nauki bezkrytycznie podkreślają teoretyczne obciążenie wszystkich zdań obserwacyjnych. „Nazywam to — pisze — skrzywieniem idealistycznym, ponieważ traktuje ono treść najsłabszej nawet wypowiedzi naukowej jako zależną od naszego sposobu myślenia, a nie jako rzeczywistość niezależną od umysłu" (Hacking, 1990, 171).

Dotykamy tu ważnego spostrzeżenia Hackinga. Niewłaściwe rozłożenie akcentów w odniesieniu do teorii i eksperymentu nie jest sprawą chwilowej tendencji czy przejściowej mody; ma znaczenie dla zagadnienia realizmu w nauce. Widzę w tej myśli najciekawszą filozoficznie tezę książki, która domaga się szerszego omówienia.

2. Eksperymentowanie w nauce a sprawa realizmu.

Istnieją dwa rodzaje realizmu naukowego; jeden odnosi się do teorii, drugi do obiektów. Pierwszy zajmuje się pytaniami typu: czy teorie naukowe są prawdziwe, czy fałszywe; ewentualnie, czy zmierzają do prawdy, czy do fałszu. Drugi pyta o istnienie obiektów. Okazuje się, że można być realistą w sprawie teorii i antyrealistą w sprawie obiektów. Wielu fizyków jest przekonanych o prawdziwości teorii opisujących mikrocząstki, a równocześnie wątpi w — czy wprost kwestionuje — istnienie pewnych mikrocząstek, np. kwarków. Możliwe jest też stanowisko odwrotne. Niektórzy Ojcowie Kościoła byli antyrealistami w sprawie teorii i równocześnie realistami w sprawie obiektów: wierzyli, że Bóg istnieje, chociaż byli przekonani, że dla rozumu ludzkiego jest rzeczą niemożliwą podać prawdziwą i pozytywną teorię Boga.

Problem na tym polega, że debata dotycząca realizmu skoncentrowana była i jest na zagadnieniach związanych z przedstawieniem, teorią i prawdą. Zaproponowano wiele argumentów na rzecz realizmu (McMullin 1984, 8-40; Heller 1992, 42-46). Wszystkie mają jedną cechę wspólną: układają się na poziomie przedstawienia, wyjaśnienia i teorii, i żaden — zdaniem Hackinga — nie jest przekonujący. Nie próbując rozstrzygnąć słuszności ostatniego zdania, zauważmy, że wypowiedzi zwolenników realizmu są dość powściągliwe. Przykład Ernana McMullina i Michała Hellera jest dość wymowny. Pierwszy określa realizm naukowy (tzn. realizm odnoszący się do teorii naukowych) w sposób czytelny, ale bardzo ogólny: dobre teorie umożliwiają «wejrzenie» w rzeczywistą

strukturę świata, a ich długotrwały sukces daje podstawę do przekonania, że „coś takiego jak obiekty postulowane przez daną teorie rzeczywiście istnieje" (McMullin 1984, 36). Komentując to stanowisko, Heller wyraża przekonanie, iż „nie można żywić złudzeń, że teorie naukowe wiernie (izomorficznie) odzwierciedlają rzeczywistość; można utrzymywać jedynie, iż matematyczna struktura teorii pozostaje w pewnym rezonansie ze strukturą rzeczywistości. Dzięki temu rezonansowi (potwierdzanemu przez zgodność teoretycznych przewidywań z wynikami eksperymentów) mamy prawo sądzić, że teoria ujawnia niektóre strukturalne cechy świata. Ale tylko niektóre i to z pewnym przybliżeniem" (Heller 1992, 81). Autor wskazuje niektóre przyczyny ograniczeń naukowego opisu świata. Są to: uproszczenia i idealizacja stosowane na etapie tworzenia teorii, niedoskonałości języka i innych narzędzi teoretycznych, uwarunkowania kulturalne i społeczne, a przede wszystkim to, „że nie posiadamy żadnego bezpośredniego dostępu do rzeczywistości, dzięki któremu moglibyśmy stwierdzić, czy i w jakim stopniu obraz świata, dawany przez naukowe teorie rzeczywistości tej odpowiada". Przypuszczam, że Hacking zgodziłby się z tym stanowiskiem. W jakimś stopniu wypowiedź ta harmonizuje z jego tezą, że wyjaśnienie jest względne wobec ludzkich zainteresowań i możliwości. Przypuszczam jednak, że nutę pesymizmu przebijającą z tej wypowiedzi uznałby za owoc myślenia na poziomie „kontemplacji związku teorii i świata", czyli za wyraz teorii poznania, która omamiła filozofię zachodnią i którą określa mianem *przedstawienia* lub *reprezentacji*. Oczywiście, jeśli pozostaniemy obserwatorami teatru świata, nigdy nie będziemy mogli odróżnić przedstawienia od autentycznej rzeczywistości. „Nie przeczę, że z wyjaśnianiem — *czuciem jak klucz przekręca się w zamku*, jak to wyraził Peirce — mamy do czynienia w naszym intelektualnym życiu. Jednak jest ono w dużej mierze cechą historycznych lub psychologicznych okoliczności chwili. Przychodzi czas, kiedy czujemy naglącą potrzebę znalezienia nowej hipotezy wyjaśniajacej. Ale ta potrzeba nie może stanowić podstawy do założenia, że ta nowa hipoteza jest prawdziwa. Van Fraassen i Cartwright podkreślają, że istnienie wyjaśnienia nigdy nie wystarcza do tego, by uwierzyć w hipotezę. Nie stawiam tego tak ostro, ale podobnie jak Peirce sądzę, że istnienie wyjaśnienia jest słabą podstawą do takiej wiary" (Hacking 1990, 53).

Czy zatem w sprawie nauki należy przyjąć pozycje pragmatyczne lub instrumentalne? Hacking jest daleki od takiego wniosku. To, co realizm traci na poziomie przedstawienia, odzyskuje na poziomie manipulowania. Eksperymentowanie dostarcza najmocniejszego argumentu na rzecz realizmu naukowego. „Jest tak nie dlatego, że testujemy hipotezy dotyczące obiektów. Jest tak dlatego, że obiekty, które z zasady nie mogą być «obserwowane», są regularnie poddawane manipulacji w celu wywołania nowych zjawisk i zbadania innych aspektów natury" (Hacking 1990, 53). Mówiąc inaczej, obiekty są narzędziami ingerowania, działania, manipulowania, a nie tylko myślenia. Badanie jakiegoś obiektu, prowadzenie eksperymentów z nim związanych, nie zobowiązuje do wiary w to, że on istnieje. Jednakże manipulowanie obiektem w celu przeprowadzenia eksperymentu dotyczącego czegoś innego — stanowi dobrą podstawę do uznania istnienia tego obiektu.

3. Obiekty nieistniejące.

Świetnie dobrane i liczne przykłady eksperymentów zaczerpniętych zwłaszcza z fizyki XIX i XX wieku nie pozostawiają wątpliwości, że Hacking dokładnie przeanalizował problem i — zgodnie z sugestą Alberta Einsteina[2] — zatroszczył się o to, co fizycy rzeczywiście robią. Powstaje jednak wątpliwość, w jaki sposób realizm dotyczący obiektów radzi sobie z tzw. obiektami nieistniejącymi. Chodzi o obiekty, początkowo uznane za rzeczywiste, które jednak później okazały się nieistniejącymi. Historia nauki zna wiele takich obiektów. Wystarczy pomyśleć o sferach niebieskich w astronomii, o hipotezie światowego potopu w geologii, o sile życia w biologii, czy o eterze Jamesa Maxwella. Nazwy te — jeśliby posłużyć się rozróżnieniem Gottloba Fregego na *sens* i *nominat* — nie mają swego nominatu w fizyce. O ich sensie dyskutują tylko historycy nauki. Otóż, zdaniem Hackinga, tu właśnie ujawnia się siła realizmu manipulacyjnego[3]. Realizm w sprawie obiektów wyłania się z tego, co aktualnie możemy uczynić. Skomplikowana procedura budowy przyrządów naukowych jasno pokazuje, że realizm nie jest rezultatem sposobu myślenia eksperymentatora, który obiektywizuje to, z czym ma do czynienia. Eksperymentator — zauważa Hacking — traktuje niektóre obiekty, np. neutralne bozony, jako hipotetyczne. Inne, np. elektrony, zawsze jako realne. Różnicę wyjaśnia fakt, że przy budowie przyrządów badawczych wykorzystuje przyczynowe własności elektronów, używanych do wywołania spodziewanych efektów. Eksperymentalny argument na rzecz realizmu nie polega na tym, że istnienie elektronów jest wydedukowane na podstawie eksperymentalnego sukcesu; raczej wykorzystujemy pewną wiedzę o elektronach w celu wywołania innych zjawisk, które chcemy badać (Hacking 1990, 265). „Najlepszym dowodem istnienia postulowanego lub wnioskowanego obiektu jest to, że możemy zacząć go mierzyć i rozumieć jego przyczynowe własności. Z drugiej strony, najlepszym dowodem, że posiadamy tego rodzaju zrozumienie, jest to, że możemy przystąpić do konstrukcji maszyny, która będzie w miarę sprawnie działać na podstawie takiego lub innego zwiazku przyczynowego" (Hacking 1990, 274).

Uznanie związków przyczynowych za podstawowe, prowadzi do rozwiązania problemu realizmu obiektow nieistniejących. Obiekty, którymi przez długi czas nie uda się w jakiś sposób manipulować, zwyczajnie okazują się tylko „fantastycznymi błędami" (Hacking 1990, 275).

4. Dziedzictwo filozofa.

Na tym tle widzimy wyraźniej motywy zainteresowania Baconem. Paolo Rossi, który poświęcił analizie dzieła Bacona sporą część swego życia (Rossi 1992, 13; 1984,

---

[2] Idzie o słynne powiedzenie:„Wenn ihr von den theoretischen Physikern etwas lernen wollt (...). Höret nicht auf ihre Worte, sondern haltet euch an ihre Taten!" (Einstein 1984, 113).

[3] Hacking nie używa terminu „realizm manipulacyjny". Dobrym określeniem stanowiska Hackinga byłaby nazwa „realizm niereprezentacyjny", którą posługuje się Alan Chalmes. Jednak Chalmes używa tego określenia w innym znaczeniu (Chalmes 1993, 204-205).

148-173), pokazuje, jak prawda i pożytek przeplatają się w myśli barona z Verulamu. Słowa z paragrafu 124 *Novum Organum*, *ipsissime res sunt (in hoc genere) veritas et utilitas*, nie znaczy, że prawda i pożytek są jedną i tą samą rzeczą, ale że „rzeczy w sobie są zarówno prawdą, jak i pożytkiem" (Rossi 1992, 18)[4]. Bacon zmierzał do zwalczenia niebezpiecznego przeciwstawienia, obecnego w filozofii od przedsokratyków do Bernardina Telesia, pomiędzy teorią i praktyką, wiedzą i działaniem, dyskursem logicznym i eksperymentem. Wskazywał na identyczność pomiędzy nauką i techniką („potęgą"), teorią i praktyką, prawdą i pożytkiem, i przeciwstawiał się ich rozdzielaniu (Rossi 1984, 153). Powrót do Bacona oznacza wzrost przekonania, że przeakcentowanie roli teorii w filozofii nauki doprowadziło do niepożądanych skutków. Hacking i Rossi zgodnie dopatrują się pewnych analogii pomiędzy rozwojem epistemologii w XVII wieku a rozwojem filozofii nauki w naszej dobie. Ostre oddzielenie działania od myślenia doprowadziło epistemologię nowożytną do idealizmu, a w filozofii nauki zaowocowało różnymi wersjami antyrealizmu. Powrót do Bacona oznacza dowartościowanie aspektu doświadczalno-praktycznego w nauce. Natura ujawnia prawdę o sobie pod presją techniki. Filozofia nauki, jeśli chce skutecznie bronić realizmu, musi więcej niż dotychczas dowartościować aspekt praktyczny i techniczny rzeczywistości.

5. Dwie uwagi na zakończenie.

Przekonującemu wywodowi Hackinga trudno odmówić racji. Można jednak dyskutować, czy wyakcentowanie nowości takiego podejścia jest uzasadnione. Wielu filozofów nauki podkreśla i — zdaje się — już wcześniej podkreślało związek realizmu z działaniem w nauce. Parę przykładów wystarczy jako ilustracja. Evandro Agazzi od wielu lat jest zwolennikiem tezy, że „naukowa obiektywność tworzy się w działaniu". Z tego powodu technika nie może zostać uznana ani za rodzaj *corollarium* aplikacyjnego nauki, ani za konkretną pomoc dla przeprowadzenia badań naukowych. Technika ma czynny udział w konstruowaniu obiektów naukowych, a przez nich także teorii (Agazzi, Minazzi, Geymonat 1989, 59,103; Agazzi 1985, 171-192). Podobnie Ludovico Geymonat, zgodnie z Pierrem Duhemem a w opozycji do Karla R. Poppera, sądzi, że istnieje jedno dziedzictwo naukowo-techniczne. Teorie naukowe są źródłem wynalazków technicznych, a wynalazki techniczne są źródłem pomysłów teoretycznych (Geymonat 1977, 77-121). Omawiając wzajemne zależności składowej teoretycznej i doświadczalnej w nauce, Małgorzata Głódź wyróżnia i ilustruje przykładami własnych badań spektroskopowych trzy płaszczyzny zmieszania teorii z doświadczeniem: (1) podstawowe stałe fizyczne, nieodłączny składnik teorii fizycznych, pochodzą z doświadczenia; (2) doświadczalne testowanie teorii (mierzenie) nie może być ani opisane ani nawet przeprowadzone bez odwołania się do samej teorii; (3) w wypadkach skomplikowanych doświad-

[4] Warto zauważyć, że Hacking uznaje Bacona za pragmatystę, gdyż posługuje się — jak wykazuje Rossi — błędnym tłumaczeniem tekstu *Novum Organum*. Polski tłumacz dzieła Bacona oddaje to zdanie: „Prawda więc i pożytek (jeśli o tę sprawę idzie) są ściśle tym samym". W przypisie zaznacza jednak, że tłumaczenie najbardziej dosłowne winno brzmieć: Same rzeczy są więc (w tym rodzaju) prawdą i pożytkiem".

czenie «prowadzi» teorię, tzn. «podpowiada», jakie oddziaływania należy jeszcze uwzględnić (Głódź 1990, 85). Po tych uwagach wniosek Hackinga o «stopieniu się» eksperymentu z teorią nie wydaje się zbyt mocny. Ale nie wydaje się też zbyt oryginalny. Podkreślenie sprawy realizmu w kontekście tych rozważań jest natomiast ciekawe i interesujące.

Istnieje jeszcze inny aspekt tego zagadnienia. Niektórzy filozofowie nauki nie poświęcają składowej praktycznej nauki wiele uwagi, choć są przekonani o słuszności tezy Hackinga. Wiąże się to z samą koncepcją czy ideałem nauk empirycznych. Ostre rozdzielenie składowej teoretycznej od praktycznej w nauce było dziełem myśli neopozytywistycznej. Zasada weryfikacji, sprawa indukcji, dyskusje wokół zdań protokolarnych są tego wyraźnym dowodem. Neopozytywizm należy dziś do historii, ale w opinii powszechnej nadal żywy jest ideał nauki doświadczalnej. Tymczasem ideał nauki, a ściślej ideał empiryzmu, którego rzecznikami byli twórcy nauki nowożytnej, nie jest doświadczalny, ale — baconowski, w sensie wyżej wyjaśnionym. Ideał ten wyraża się właśnie w ścisłym przenikaniu elementu teoretycznego i doświadczalno-praktycznego. W cytowanej już książce Heller pisze: „Osiągnięcia współczesnej filozofii nauki niedwuznacznie wskazują na to, że tylko w naukach o niskim stopniu zaawansowania daje się dość łatwo oddzielić element doświadczalny od teoretycznego. Coraz większe przenikanie się obu elementów świadczy o doskonaleniu się metody empirycznej (...). Między składową faktyczną naszej wiedzy a jej składową teoretyczną występuje sprzężenie zwrotne o charakterze nieliniowym" (Heller 1992, 34,33). Z tego powodu sądzę, że włożony przeze mnie w usta Hackinga zarzut pod adresem Hellera, że uprawia filozofię w duchu «przedstawienia», nie może być utrzymany. Heller co prawda nie skupia się na stronie eksperymentalno-praktycznej nauki, ale wyznawany przez niego ideał nauki empirycznej obejmuje obydwie jej strony, stopione w jedną całość. W ten sposób odsłania się jeszcze jeden «pożytek» studiowania pięknie napisanej książki Hackinga: pomaga w innych pracach dostrzec to, co nie od razu rzuca się w oczy.

Bibliografia

Agazzi, Evandro

1969 — *Temi e problemi di filosofia della fisica*, Milano, Manfredi.

1985 — „La questione del realismo scientifico", C. Magnione (red), *Scienza e filosofia*, Milano, Garzanti, s. 171-192.

Agazzi, Evandro; Minazzi, Fabio; Geymonat Ludovico

1989 — *Filosofia, scienza e verit*, Milano, Rusconi.

Bacon, Francis

1955 [1620] — *Novum Organum*, przekład J. Wikariaka, Warszawa, PWN.

Chalmers, Alan

1993 [1976] — *Czym jest to, co zwiemy nauką?* Wrocław, Siedmioróg.

Dijksterhuius, Eduard J.

1986 [1950] — *The Mechanization of the World Picture*, Princeton, Princeton University Press.

Duhem, Pierre

1982 [1904/5] — *The Aim and Structure of Phisical Theory*, Princeton, Princeton University Press.

Einstein, Albert
1984 — *Mein Weltbild*, Frankfurt, Ulstein Materialien.
Geymonat, Ludovico
1977 — *Scienza e realismo*, Milano, Fertinelli.
Głódź, Małgorzata
1990 — „Uwagi o współzależności eksperymentu i zmatematyzowanej teorii", Heller M., Życiński J., Michalik A. (red), *Matematyczność przyrody*, Kraków, PAT-OBI, s. 84-92.
Hacking, Ian
1990 [1983] — *Representing and Intervening*, Cambridge, Cambridge University Press.
Heller, Michał
1992 — *Filozofia nauki*, Kraków, PAT-OBI.
Koyré, Alexandre
1939 — *Études galiléennes*, Paris, Hermann.
Liebig, Justus von
1863 — *Über Francis Bacon von Verulam und die Methode der Naturforschung*, München.
McMullin, Ernan
1984 — „A Case for Scientific Realism", Leplin J. (red), *Scientific Realism*, Berkeley, University of California Press, s. 8-40.
Quine, Willard v. O.
1960 — *Word and Object*, M.I.T. and New York, Wiley and Sons.
1974 — *The Roots of Reference*, La Salle, Open Court.
1975 [1939] — „A Logistical Approach to the Ontological Problem", *The Ways of Paradox*, Cambridge (Mass.), Harvard University Press, s. 197-202.
1986 [1948] — „O tym, co istnieje", *Z punktu widzenia logiki*, przekład B. Stanosz, Warszawa, PWN, s. 9-34.
Rossi, Paolo
1984 — „Verità e utilità della scienza in Francesco Bacone", *I filosofi e le machine 1400-1700*, Milano, Fertinelli, s. 148-173.
1989 — *La scienza e la filosofia dei moderni*, Torino, Bollati Boringheri.
1992 — „Tradizione matematica e tradizione sperimentale nella rivoluzione scientifica", L. Conti (red), *La matematizzazione del universo. Momenti della cultura matematica tra '500 e '600*, Perugia, Porziuncola, s. 3-19.
Tatarkiewicz, Władysław
1978 [1931] — *Historia filozofii*, t. II, Warszawa, PWN.
Życiński, Józef
1993 — *Granice racjonalności. Eseje z filozofii nauki*, Warszawa, PWN.