

Andrzej ŁUKASIK

NAUKA JAKO „ZESTAW MAŁEGO KONSTRUKTORA” Filozofia nauki według Nancy Cartwright

Rozpowszechniony pogląd na naukę można zawrzeć w trzech twierdzeniach: (1) nauka to teoria i eksperyment; (2) ostateczną podstawą wszelkich nauk jest fizyka; (3) prawa nauki mają charakter deterministyczny – pozwalają na przewidywanie późniejszych zdarzeń na podstawie znajomości stanu układu i praw przyrody (oczywiście z wyjątkiem praw mechaniki kwantowej – przynajmniej w jej standardowej interpretacji). Metaforycznie rzecz ujmując, struktura nauki przypomina piramidę – na jej szczycie znajduje się fizyka, następnie chemia, dalej biologia, nauki takie jak socjologia, ekonomia i historia, wreszcie psychologia. Zasadniczo chemia miałaby być redukowalna do fizyki, biologia do chemii i tak dalej. Cały „gmach nauki” składałby się zatem z tych samych „cegielek”, badanych w najbardziej podstawowych aspektach przez fizykę. Tak właśnie popularny pogląd na to, czym jest nauka, przedstawia w swojej książce *A Philosopher Looks at Science*¹ Nancy Cartwright.

Istotnie, dowody na to, że w taki sposób nauka pojmowana jest zarówno przez większość filozofów, jak i naukowców, znajdujemy bez trudu. Wystarczy w tym celu

otworzyć na przykład najnowszą książkę niemieckiej fizyk cząstek elementarnych i popularyzatorki nauki Sabine Hossenfelder *Czy Wszechświat myśli?*², w której autorka stawia śmiało (i dość kontrowersyjną) tezę, że fizyka współczesna udziela odpowiedzi na pytania filozoficzne. W książce tej znajdujemy otwarcie deklarowane stanowisko redukcjonizmu: „Całość *jest* sumą części – niczym więcej i niczym mniej [...] i jeśli wiemy, jak zachowują się te mniejsze kawałki, to możemy przewidzieć, co zrobią zbudowane z nich większe obiekty”³, oraz stanowisko determinizmu: „Prawa przyrody, którymi się obecnie posługujemy, są w większości przypadków deterministyczne i zawierają jedynie pewien losowy element wynikający z mechaniki kwantowej. Oznacza to, że przyszłość jest z góry ustalona z wyjątkiem zachodzących od czasu do czasu kwantowych zdarzeń, na które nie mamy wpływu”⁴. Dokładnie tak, jak

¹ Nancy Cartwright, *Okiem filozofa. Nauka*, tłum. Fabian Tryl, Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 2024, ss. 194. Zob. też: t a ż, *A Philosopher Looks at Science*, Cambridge University Press, Cambridge 2022.

² Zob. S. Hossenfelder, *Czy Wszechświat myśli? I inne ważne pytania nauki*, tłum. B. Bieniok, E. Łokas, Copernicus Center Press, Kraków 2023. Zob. też: t a ż, *Existential Physics*, Viking, New York 2022. Tytuł polskiego przekładu, *Czy Wszechświat myśli?*, jest tytułem ósmego rozdziału tej pracy.

³ T a ż, *Czy Wszechświat myśli? I inne ważne pytania nauki*, s. 117.

⁴ Tamże, s. 169.

przedstawia popularny pogląd na naukę Cartwright.

Cartwright kwestionuje jednak wszystkie te przekonania na temat nauki jako całkowicie nieadekwatne do rzeczywistej praktyki badawczej. Utrzymuje, że stanowią one wyidealizowany obraz, a nawet – mówiąc dosadniej – fantazje na temat nauki, niewiele mające wspólnego z tym, czym nauka jest naprawdę. Cartwright przedstawia osobistą, jak sama podkreśla, wizję nauki, którą sama nazywa „pstrokатыm światem” („dappled world”⁵). Zgodnie z tym poglądem nauka przypomina raczej mozaikę niż piramidę, jeśli pozostać przy porównaniach metaforycznych. Obejmuje ogromną różnorodność luźno ze sobą powiązanych dyscyplin i subdyscyplin, które próbują uchwycić różnorodne aspekty świata, posługując się różnorodnymi narzędziami, różnymi metodami i kryteriami prawomocności rezultatów poznawczych. W trzech rozdziałach, z których składa się książka *Okiem filozofa. Nauka*, Cartwright systematycznie rozprawia się z twierdzeniami, że działalność naukową da się sprowadzić wyłącznie do teorii i eksperymentu („Teoria + eksperyment nie stanowią nauki” – zob. s. 21-78), że fizyka jest „królową nauk”, a pozostałe nauki są do niej redukowalne („Zdetronizować królową – zob. s. 79-114), oraz z determinizmem („Natura bardziej przystępna – zob. s. 115-154).

Po pierwsze, pogląd, że działalność naukową można sprowadzić do formułowania teorii i przeprowadzania eksperymentów, jest zdaniem Cartwright zbyt wielkim uproszczeniem: „Kiedy spoglądam na naukę, widzę znacznie więcej niż teorię i eksperyment, wiedzę i wyjaśnienia. [...] widzę w niej wspaniały miszmasz: modele, pojęcia, procedury potwierdzania

miary, schematy klasyfikacji, metody statystyczne, projekty badań, gromadzenie danych, metody selekcji i kodowania, matematykę, metody wnioskowania, narracje i dużo więcej” (s. 25). „Mnie nauka i jej działanie przypomina gigantyczny zestaw małego konstruktora” (s. 26) – pisze dalej. Metafora „zestawu małego konstruktora” często pojawia się w książce Cartwright – instrumentarium nauki to znacznie więcej niż tylko teoria i eksperyment, a rola eksperymentów w nauce bynajmniej nie sprowadza się wyłącznie do testowania teorii.

Filozofia nauki dwudziestego wieku – od Koła Wiedeńskiego, przez Karla R. Poppera po Thomasa Kuhna i Paula Feyerabenda – zdominowana była przez podejście „teoriocentryczne” (s. 44), które koncentrowało się na analizie teorii naukowych, marginalizując analizę eksperymentu i sprowadzając jego rolę wyłącznie do testowania teorii. Ian Hacking książką *Representing and Intervening*⁶ zapoczątkował nurt zwany nowym eksperymentalizmem, który kładzie nacisk na autonomię eksperymentu i laboratoryjnej praktyki badawczej, będącej „w pewnym stopniu samodzielnym źródłem wiedzy o świecie, odgrywającym zasadniczą rolę w jego przekształcaniu”⁷. Cartwright, nawiązując do Hackinga, zwraca uwagę na ważną klasę eksperymentów, nazywanych „eksperymentami eksploracyjnymi” (s. 44), których celem nie jest sprawdzanie teorii i które przeprowadzane są nawet bez kierowniczej roli teorii. Eksperymenty takie „żyją własnym życiem

⁶ Zob. I. H a c k i n g, *Representing and Intervening: Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*, Cambridge University Press, Cambridge – London – New York – New Rochelle – Melbourne – Sydney 1983.

⁷ D. S o b c z y Ń s k a, P. Z e i d l e r, *Nowy eksperymentalizm. Teoretycyzm. Reprezentacja*, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Filozofii UAM, Poznań 1984, s. 5.

⁵ Zob. N. C a r t w r i g h t, *The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science*, Cambridge University Press, Cambridge 2005.

z dala od baczego oka teorii” (s. 44). Analizowane są przykłady z historii nauki – takie jak eksperymenty Luigiego Galvaniego, który badał szczegółowo reakcje mięśni żaby na bodźce elektryczne, co nie miało na celu potwierdzenia ani falsyfikacji żadnej z góry przyjętej teorii (por. s. 66). Niektóre eksperymenty „wytwarzają zjawiska” (s. 67), które należy dopiero wyjaśnić teoretycznie. Przykładami podawanymi przez Cartwright są między innymi efekty Zeemana, Starka czy Halla, które – jak podkreśla Hacking – w czystej postaci zachodzą wyłącznie w laboratorium (por. s. 68). „Nie możesz zbudować eksperymentu bez gigantycznego zestawu małego konstruktora” – pisze Cartwright (s. 71). Dokonując szczegółowej analizy eksperymentu Roberta Millikana, w którym zmierzył on ładunek elektryczny elektronu, Cartwright zwraca uwagę, że wykonanie takiego eksperymentu wymagało wiedzy o własnościach oleju zegarowego, którego kropelki były ładowane elektrycznie, opracowania procedur mających nas upewnić, iż rzeczywiście mierzono to, co należało zmierzyć, skomplikowanych procedur kalibracji urządzeń pomiarowych i wielu innych elementów wchodzących w skład „zestawu małego konstruktora”. Badania naukowe nie sprowadzają się zatem wyłącznie do testowania teorii za pomocą eksperymentów.

W rozdziale „Zdetronizować królową” (zob. s. 79-114) Cartwright przedstawia argumenty przeciwko tezie, że wszystkie nauki są ostatecznie redukowalne do nauki najbardziej podstawowej – fizyki. Zgodnie z omawianą i krytykowaną ideą jedności nauki poszczególne nauki zajmują się coraz bardziej złożonymi poziomami organizacji materii: cząstkami elementarnymi, atomami, molekułami, komórkami, organizmami wielokomórkowymi, grupami społecznymi, a między kolejnymi poziomami zachodzi relacja „mikroredukcji” nauki o poziomie wyższym do nauki o poziomie niższym, która jednocześnie formułuje

ogólniejsze i bardziej podstawowe prawa (na przykład chemii do fizyki czy biologii do chemii). Zdaniem Cartwright taki obraz nauki jest „wyjątkowo nietrafiony” (s. 81). Nie mamy wprawdzie wątpliwości, że wszystko składa się z cząstek elementarnych (kwarków i leptonów) – atomy, cząsteczki, organizmy żywe, społeczeństwo ludzkie wraz z mózgami składających się na nie istot – i można bronić tezy redukcjonizmu ontologicznego, lecz jeśli chodzi o nauki zajmujące się różnymi poziomami rzeczywistości, to redukcjonizm (metodologiczny) budzi poważne wątpliwości. W popularnym obrazie nauki przyjmuje się, że gdybyśmy dysponowali większą „mocą obliczeniową” (s. 61) i mieli więcej czasu i funduszy na badania, to taka redukcja „w zasadzie” byłaby wykonalna. „Ale – pyta Cartwright – co uzasadnia to wielkie twierdzenie «gdyby tylko», które stoi w sprzeczności z tym, czego niezmiennie doświadczamy?” (s. 81). Jeżeli przyjrzeć się faktycznie uprawianej nauce, nie zaś snuć fantazje na temat nauki, to nie ma żadnych podstaw do akceptacji redukcjonizmu – a w ostatecznej instancji wszystkich nauk do fizyki jako nauki najbardziej podstawowej.

Otóż przekonanie o możliwości (przynajmniej „w zasadzie”) redukcji wszystkich nauk do fizyki bierze się stąd, że przechodzimy „od mówienia o nauce do mówienia o świecie, nie o tym, co można zrobić w prawdziwej nauce, ale raczej o tym, jak działa świat, z całą pewnością rządzonej przez fizykę” (s. 95). Po powstaniu mechaniki kwantowej rozpowszechniło się wśród uczonych – głównie za sprawą Paula Diraca (por. s. 99) – przekonanie o możliwości redukcji całej chemii do fizyki (kwantowej), a trudność (natury czy sto praktycznej) wiązano jedynie ze zbyt skomplikowanym charakterem równań, aby na ich podstawie można było wyjaśnić chemiczne własności materii. Wielu filozofów chemii kwestionuje jednak możliwość

takiej redukcji, wskazując na autonomię metodologiczną tej nauki albo na trudności faktycznie występujące w przypadku takiej redukcji. Na przykład Paweł Zeidler uważa, że wprawdzie nie ulega wątpliwości, iż atomy, elektrony, jądra atomowe, protony i neutrony opisywane są przez fizykę, lecz w układach chemicznych wykazują one nowe właściwości i dlatego „powinny być analizowane z chemicznego punktu widzenia”⁸. Pisz: „Takie pojęcia, jak: aromatyczność, kwasowość, zasadowość, grupa funkcyjna, efekt podstawnika, nie mogą zostać zmatematyzowane ani jednoznacznie zdefiniowane [...]. Ich sens jest konstytuowany przede wszystkim przez laboratoryjną praktykę badawczą chemii, a tego aspektu tworzenia się znaczeń terminów stosowanych w chemii nie sposób uwzględnić w trakcie rozważań prowadzonych nad zagadnieniem redukcji chemii do fizyki. Jedno z centralnych pojęć chemii – pojęcie wiązania – posiada różne eksplikacje w języku mechaniki kwantowej, lecz jego sens może być oddany jedynie na poziomie chemicznym, gdyż jest ono stosowane do opisu i wyjaśniania właściwości specyficznie chemicznych, przede wszystkim reaktywności, która jest ujawniana w trakcie badań laboratoryjnych”⁹. Cartwright twierdzi, że nawet w przypadku chemii kwantowej redukcja chemii do fizyki (kwantowej) jest wysoce problematyczna. Aby doszło do takiej redukcji, powinniśmy być w stanie wyprowadzić właściwości atomów i cząsteczek z opisującego je równania Schrödingera (por. s. 100n.). Analityczne rozwiązania równania Schrödingera są jednak możliwe jedynie dla wodoru i innych układów jednoelektronowych, a w większości przypadków musimy korzystać

z przybliżeń, modeli i metod należących do chemii klasycznej, niewiele mających wspólnego z mechaniką kwantową. Na przykład przybliżenie Borna-Oppenheimeira polega na faktoryzacji funkcji falowej na część jądrową i część elektronową, przy czym przyjmuje się, że jądro atomowe jest w istocie klasyczną cząstką o ustalonej pozycji w przestrzeni, co jest niezgodne z zasadą nieoznaczoności Heisenberga, jedną z fundamentalnych zasad mechaniki kwantowej (ponieważ cząstce kwantowej nie można przypisać jednocześnie ustalonego pędu i położenia w przestrzeni). „Jeśli sukces chemii kwantowej opiera się w fundamentalny sposób na założeniach należących do klasycznej chemii, to nie ma sensu twierdzić, że chemia została zredukowana do mechaniki kwantowej” (s. 102) – stwierdza autorka książki.

Cartwright podkreśla, że nawet w samej fizyce nie zachodzi redukcja wszystkich gałęzi do mechaniki kwantowej – fizyka jest „mieszaną różnych zestawów teorii i praktyk” (s. 102), teorie uważane za fundamentalne (ogólna teoria względności i mechanika kwantowa) nie są zunifikowane, a stworzenie opartej na fizyce technologii wymaga współpracy „z wieloma innymi źródłami wiedzy i rozumienia” (s. 102). Interesujące jest, że fizyka nie potrzebuje unifikacji, aby odnosić spektakularne sukcesy. Na przykład konstrukcja Global Positioning System (GPS) opiera się na mechanice Isaaca Newtona pozwalającej obliczyć orbity satelitów, na mechanice kwantowej, gdy chodzi o zegar atomowy, i na teorii względności w aspekcie korygowania zegarów atomowych (por. s. 104). Co więcej, wykonanie eksperymentów, nawet dotyczących samej fizyki, wymaga współpracy „z różnorodnym zbiorem wiedzy wywodzącej się z innych nauk ścisłych, inżynierii, ekonomii i praktyki życiowej” (s. 104). Cartwright uzasadnia ten pogląd, szczegółowo analizując projekt Stanford Gravity Probe B (GP-B), którego celem było przete-

⁸ P. Zeidler, *Chemia w świetle filozofii. Studia z filozofii, metodologii i semiotyki chemii*, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Filozofii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Poznań 2011, s. 23.

⁹ Tamże.

stowanie ogólnej teorii względności przez umieszczenie żyroskopów w przestrzeni kosmicznej i zmierzenie ich precesji przewidzianej przez teorię Alberta Einsteina. Efekt ten jest niezwykle subtelny i niezwykle trudny do zmierzenia, a realizacja całego przedsięwzięcia – od wytworzenia wirników żyroskopów o kształcie niemal idealnie kulistym, poprzez konieczność utrzymania aparatury pomiarowej w temperaturze bliskiej zera absolutnego, po umieszczenie satelity na orbicie i utrzymanie go przez długi czas w określonej orientacji w przestrzeni – zajęła uczynom ponad czterdzieści lat i wymagała „gigantycznej wiedzy z zakresu wszelkiego rodzaju inżynierii, chemii i fizyki [...] ekonomii i psychologii społecznej, [...] nauki o zarządzaniu” (s. 100-111), ponieważ każdy czynnik, którego nie da się reprezentować w równaniach fizyki, mógł wpłynąć na rezultat eksperymentu. Cartwright przekonuje, że nawet przeprowadzenie eksperymentów mających na celu zbadanie efektów czysto fizycznych wymaga znajomości dyscyplin zdecydowanie wykraczających poza samą fizykę, kiedy przeprowadzamy eksperymenty „w pełnej empirycznej rzeczywistości” (s. 112).

Między nauką a przyrodą zachodzi swoiste sprzężenie zwrotne: „Nauka mówi nam, jaka jest natura, a z kolei to, co myślimy na temat tego, jaka jest natura, wpływa na nasze interpretacje działalności i wyników naukowych” (s. 115). Zgodnie z popularnym poglądem nauka ma charakter deterministyczny – przypomina gigantyczny mechanizm działający według nieubłaganych praw. Cartwright kwestionuje również to przekonanie, jako mające źródła w zdezaktualizowanej już filozofii mechanicyzmu: „Prawa opisujące ten świat nie układają się w piramidę, ale raczej w patchwork” (s. 111). Po raz kolejny pojawia się metafora „pstkatego świata”, który – jak twierdzi Cartwright – jest bardzo podobny do świata, jakiego doświadczamy,

świata niezwykle zróżnicowanego, który wcale nie przypomina mechanizmu zegarowego. Rodzi się zatem pytanie, dlaczego zakładamy istnienie świata, w którym wszystko jest ostatecznie zdeterminowane przez prawa fizyki i „zbudowane z jednego rodzaju cegiełek” (s. 127). Oczywiście w pytaniu tym chodzi o wiarygodność obrazu świata ukazywanego nam przez naukę. Cartwright argumentuje, że obraz deterministycznego, mechanicznego świata nie zasługuje na wyróżnione miejsce.

Determinizm tradycyjnie wiązano z możliwością przewidywania zjawisk, czyli również z możliwością realizacji eksperymentów i konstruowania urządzeń, w których wszystko będzie działać zgodnie z naszymi przewidywaniami. Cartwright stawia pytanie: „Gdzie fizyka odnosi sukcesy?” (s. 134). Udzielając odpowiedzi, znów posługuje się metaforą, tym razem metaforą „małego świata” (s. 135). Terminem tym określa pewne wyidealizowane sytuacje, do których stosują się prawa fizyki przy założeniu, że działają jedynie te czynniki, które są istotne dla przebiegu danego zjawiska i które jesteśmy w stanie opisać równaniami fizyki i modelować – zwykle w laboratorium. Są to jednak sytuacje na ogół daleko odbiegające od tych, z którymi mamy do czynienia w prawdziwym świecie, w świecie, w którym na przebieg danego zjawiska ma wpływ praktycznie nieskończenie wiele czynników, zwykle częściowo lub całkowicie pozostających poza naszą kontrolą. Dlatego nasze możliwości przewidywania zjawisk w rzeczywistym świecie okazują się dość ograniczone, a działanie konstruowanych przez nas urządzeń często odbiega od naszych oczekiwań. Ponadto pojęcia fizyki są precyzyjnie zdefiniowane matematycznie i mogą być stosowane jedynie w ściśle określonych okolicznościach – przede wszystkim w owych „małych światach”. Pojęcia w fizyce „są bardzo precyzyjne, i w związku z tym ograniczone są mocno możliwości ich zastosowa-

nia” (s. 142). Nie możemy a priori zakładać, że do wszystkich aspektów rzeczywistości stosują się one dokładnie tak, jak do zjawisk zachodzących w specjalnych warunkach laboratoryjnych – to kwestia empiryczna.

Nieco zaskakujące jest to, że w rozdziale zawierającym argumenty przeciwko deterministycznej wizji świata Cartwright właściwie w ogóle nie wspomina o mechanice kwantowej (są tylko wzmianki o prawie rozpadu promieniotwórczego, określającym jedynie prawdopodobieństwo zdarzenia), o probabilistycznej interpretacji funkcji falowej i o problemie redukcji funkcji falowej podczas pomiaru, a przecież właśnie w świecie kwantów znajdujemy najmocniejsze argumenty na rzecz indeterminizmu. Również uwzględnienie teorii chaosu deterministycznego (dynamiki nieliniowej), w której wprowadzie zachowanie układów fizycznych jest modelowane przez deterministyczne równania różniczkowe, ale ich nieliniowość prowadzi do silnej wrażliwości na warunki początkowe (określanej jako efekt motyla), a w konsekwencji do nieprzewidywalności, wzmocniłoby argumenty przeciwko determinizmowi, a precyzyjniej – przeciwko jednoznacznej przewidywalności zjawisk i krytykowanej wizji świata-maszyny.

Mimo że nauka odgrywa szczególnie doniosłą rolę w naszej cywilizacji i wszyscy intuicyjnie wiemy, co jest nauką, a co nią nie jest – raczej nikt nie ma wątpliwości, że astronomia jest nauką, a nie jest nią astrologia – wśród filozofów nie ma powszechnie przyjętej odpowiedzi na pytanie „czym jest to, co zwiemy nauką?”¹⁰.

¹⁰ Jest to tytuł znanej książki Alana Chalmersa, w której omawia on najważniejsze stanowiska w filozofii nauki (zob. A. C h a l m e r s, *Czym jest to, co zwiemy nauką. Rozważania o naturze, statusie i metodach nauki. Wprowadzenie do współczesnej filozofii nauki*,

Zaproponowano wiele różnych teorii nauki: indukcjonizm (Koło Wiedeńskie), falsyfikacjonizm (Karl Popper), metodologię naukowych programów badawczych (Imre Lakatos), koncepcję rewolucji naukowych (Thomas Kuhn), anarchizm metodologiczny (Paul Feyerabend) – by wymienić jedynie najważniejsze. Jeżeli do tego doliczyć spór między realizmem a antyrealizmem z wielością zarówno stanowisk realistycznych, jak i antyrealistycznych, to odpowiedź staje się jeszcze bardziej skomplikowana. Propozycję Nancy Cartwright niewątpliwie należy uznać za interesującą i oryginalną. Przede wszystkim ważne jest podkreślenie przez nią znaczenia tych elementów, które – poza teorią i eksperymentem – zwykle były pomijane (ów „zestaw małego konstruktora”), i wyjście poza rozpowszechniony „teoriocentryzm”, czyli fakt, że filozofowie analizują niemal wyłącznie teorie naukowe, pomijając pozostałe składowe naukowej działalności. Koncepcja „pstrokatego świata”, w którym poszczególne nauki nie układają się w piramidę z fizyką na szczycie, lecz przypominają raczej patchwork, jest zdaniem Cartwright bliższa rzeczywistej praktyce naukowej niż wyidealizowany (czy może fantastyczny) obraz hierarchiczny i redukcjonistyczny.

Cartwright podkreśla, że koncepcja ta jest jej osobistą wizją nauki niepretendującą bynajmniej do wyłączności. To zatem kolejna odpowiedź na pytanie, „czym jest to, co zwiemy nauką”, koncepcja, z którą niewątpliwie warto się zapoznać i którą warto przemyśleć. Na szczęście wielość odpowiedzi na pytanie o naturę nauki i filozoficzne spory dotyczące tej kwestii nie zmieniają faktu, że nauka odnosi spektakularne sukcesy, realizując zarówno cele poznawcze, jak i praktyczne. Zauważmy na zakończenie, że podobną sytuację znajdu-

tłum. A. Chmielewski, Wydawnictwo Siedmigród, Wrocław 1993).

jemy nie tylko w teorii nauki, ale również w samej nauce. Dobrym przykładem jest mechanika kwantowa, która od stu lat odnosi sukcesy i jest powszechnie uznawana za najdoskonalszą i najdokładniejszą teorię fizyczną, jaką kiedykolwiek zbudowano, za jedną z dwóch – obok ogólnej teorii względności Einsteina – fundamentalnych teorii fizyki współczesnej. Wśród samych fizyków nie ma jednak zgody co do „natury” kwantowego świata; istnieje wiele różnych interpretacji mechaniki kwantowej (kopenhaska Nielsa Bohra i Wernera Heisenberga, wielu światów Hugh Everetta, parametrów ukrytych Maxa Bohma – by wymienić jedynie najbardziej znane), które są empirycznie równoważne, lecz implikują radykalnie odmienne ontologie. Różnice w filozoficznych interpretacjach

mechaniki kwantowej nie przeszkadzają jednak fizykom w jej skutecznym zastosowaniu do rozwiązywania konkretnych problemów zarówno teoretycznych, jak i praktycznych. Podobnie filozoficzne kontrowersje wokół natury, statusu i metod nauki nie mają większego wpływu na skuteczność jej funkcjonowania.

Kontakt: Katedra Ontologii i Epistemologii, Instytut Filozofii, Wydział Filozofii i Socjologii, Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej, pl. Marii Curie-Skłodowskiej 4, 20-031 Lublin

Email: andrzej.lukasik@mail.umcs.pl
<https://www.umcs.pl/pl/adres-book-employee,1628,pl.html>

ORCID 0000-0001-9939-9135