

STANISŁAW KICZUK

WSPÓŁCZESNA LOGIKA FORMALNA A NAUKI PRZYRODNICZE

W literaturze polskiej pojawiło się wiele prac naukowych poświęconych stosowaniu logiki formalnej do filozofii, a szczególnie do teodycei. Mało wszakże jest prac, w których chociażby częściowo, lecz w sposób pogłębiony, była rozważana problematyka związków logiki formalnej, w tym najnowszych logik nieklasycznych, z naukami przyrodniczymi. W artykule tym będzie się poszukiwało w miarę wyczerpującej odpowiedzi na pytanie dotyczące możliwości wielorakiego zastosowania współczesnej, szeroko pojętej logiki formalnej do nauk przyrodniczych, a przede wszystkim do fizyki jako koronnej dyscypliny tych nauk.

K. Ajdukiewicz napisał, że istnieją dwa centralne tematy, wokół których skupia się problematyka logiki¹. Pierwszym z nich jest zagadnienie ścisłego myślenia i jasnego, uporządkowanego mówienia, a drugim – zagadnienie poprawnego wnioskowania. W ramach tego drugiego tematu logika nie zajmuje się wnioskowaniami konkretnymi, ale poszukuje form poprawnego wnioskowania, a przede wszystkim logicznych schematów wnioskowania². W przesłankach i wniosku logicznego schematu wnioskowania, tj. niezawodnego schematu wnioskowania, występują tylko zmienne i stałe logiczne. Gwarantami niezawodności takich schematów są niektóre twierdzenia logiki³. Wnioskowania przebiegające na podstawie logicznych schematów wnioskowania nazywa się wnioskowaniami logicznymi, myśleniem logicznym. Podkreśla

Prof. dr hab. STANISŁAW KICZUK – Wydział Filozofii KUL, Katedra Logiki; adres do korespondencji: Al. Raclawickie 14, 20-950 Lublin.

¹ Por. K. A j d u k i e w i c z, *Zarys logiki*, Warszawa: PZWS 1960, s. 3.

² Tamże, s. 149.

³ Tamże, s. 152.

się, że umiejętność logicznego myślenia jest dla człowieka niezbędnym warunkiem pomyślnej działalności praktycznej⁴. Kto bowiem nie myśli logicznie, jest narażony na to, że jego przewidywania nie będą się zgadzały z rzeczywistością, co może uniemożliwić realizację różnych zamierzeń. W literaturze podkreśla się również ten moment, że umiejętność logicznego myślenia można mieć w wyższym lub w niższym stopniu. Zauważa się przy tym, że studium logiki podnosi naszą umiejętność logicznego myślenia na wyższy poziom.

Na gruncie polskim, w latach dwudziestych i trzydziestych naszego wieku, w panującym klimacie myślowym doceniania doniosłości badań logicznych i świadomości korzyści płynących ze wspomnianego wyżej studium logiki, prowadzone w wielu działach logiki formalnej dociekania zaowocowały liczącymi się wynikami. Powstały w Polsce liczne systemy logiczne o wiele doskonalsze od logiki tradycyjnej i od ówczesnych zagranicznych systemów logiki matematycznej⁵. Nastąpiło dogłębne zrozumienie tego, czym jest system dedukcyjny. J. Łukasiewicz pisał, że osiągnięto w logice formalnej miarę ścisłości naukowej przewyższającą dotychczasowe wymagania stawiane matematyce. Tenże autor, w swoim mniemaniu, wychodząc z wyraźnie filozoficznego, ontologicznego poglądu na świat, skonstruował systemy logiki nieklasycznej – systemy tzw. logiki wielowartościowej⁶. Nie może dziwić fakt, że w kraju, w którym doceniano badania logiczne i usiłowano stosować logikę formalną przede wszystkim do filozofii, pojawiła się pierwsza publikacja dotycząca stosowania logiki wielowartościowej w teoriach fizyki. Autorem tej publikacji był Z. Zawirski⁷. Tenże autor był również pionierem probabilistycznego podejścia do logiki wielowartościowej. O dorobku naukowym tego polskiego logika i filozofa N. Rescher napisał, że jest on mniej znany, niż na to zasługuje⁸. Zawirski głosił, że wielowartościowe systemy logiczne, respektujące odpowiedni postulat dotyczący ich matryc, są równouprawnione na terenie logiki formalnej z systemami dwuwartościowej logiki zdań⁹. Uważał

⁴ Tamże, s. 4.

⁵ Por. J. Ł u k a s i e w i c z, *O determinizmie*, w: *Z zagadnień logiki i filozofii*, red. J. Słupecki, Warszawa: PWN 1962, s. 114-115.

⁶ Por. J. M. B o c h e n ś k i, *Logika i ontologia*, w: *Logika i filozofia*, red. J. Parys, Warszawa: PWN 1993, s. 130.

⁷ Por. Z. Z a w i r s k i, *Próby stosowania logiki wielowartościowej do współczesnego przyrodoznawstwa*, „Sprawozdania Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk”, 5(1931), s. 40-42.

⁸ Por. N. R e s c h e r, *Many-valued Logic*. New York–St. Louis 1969, s. 15, 188.

⁹ Por. S. K i c z u k, *Stosowalność logik wielowartościowych w teoriach fizykalnych w*

też, że systemy wielowartościowe mogą się różnić liczbą tez i nie zawierać wszystkich tez systemów zdaniowych logiki dwuwartościowej, chociaż wyznaczniki wnioskotwórczych prawidłowości są tego samego kształtu w systemie logicznym wielowartościowym, co w systemie logicznym dwuwartościowym. O tym zaś, który z systemów logicznych należy uważać za najlepszy w danej dyscyplinie naukowej, ma decydować doświadczenie¹⁰. Zgodność z doświadczeniem to dla Zawirskiego najogólniej wyrażony warunek stosowalności systemów logiki formalnej w naukach przyrodniczych. Podobny pogląd, w środkowym okresie swej twórczości, wyrażał Łukasiewicz. Według niego badania empiryczne wykażą kiedyś, czy przestrzeń jest nieeuklidesowa i czy związek jednych faktów z drugimi odpowiada logice dwuwartościowej czy jakiejś wielowartościowej¹¹. Różnica między tymi autorami polegałaby na tym, że Zawirski widzi możliwość jednoczesnego stosowania różnych systemów logik do wiązania jednych faktów z drugimi, w różnych dziedzinach rzeczywistości, a Łukasiewicz mówił o jednym systemie logiki. Skonstruowanie odpowiedniego systemu logiki (wśród innych równouprawnionych, a często różniących się liczbą tez) dla teorii fizykalnej to – według Zawirskiego – ukazanie struktury międzyzdaniowej tej teorii. Ujęć bardziej wewnętrznych i ilościowych dostarcza teorii fizykalnej matematyka.

Godne odnotowania jest stwierdzenie Zawirskiego, że system logiki staje się w chwili, gdy jest stosowany, częścią wiedzy empirycznej, lecz – odmienne od praw empirycznych izolowanych – może być odrzucony lub uznany jako całość¹². Polski autor dodaje również, że twierdzenia logiki przez stosowanie ich do świata nie tylko przestają być nic nie mówiącymi o rzeczywistości tautologiami, lecz także stają się hipotezami przyrodniczymi, które o tej rzeczywistości mówią bardzo wiele, bodaj czy nie „rzeczy najważniejsze”¹³. To ostatnie twierdzenie Zawirskiego można – jak się wydaje – zrozumieć na tle dociekań dotyczących przedmiotu klasycznego rachunku zdań. Twórcą logiki był Arystoteles, który traktował logikę jako narzędzie swej filozofii. Stagiryta w swych dociekaniach filozoficznych usiłował odpowiadać na następujące pytania: Jaki jest świat? Jak wytłumaczyć, że rzeczy są takie, jakie są? Jego podejście badawcze do rzeczywistości było więc podejściem

ujęciu Z. Zawirskiego. „*Studia Philosophiae Christianae*”. 10(1974), nr 2, s. 103.

¹⁰ Por. Z. Zawirski, *Science et philosophie*, Varsovie 1937, s. 9.

¹¹ Por. J. Łukasiewicz, *Logistyka i filozofia*, „Przegląd Filozoficzny”, 39(1936), s. 129.

¹² Por. Zawirski, *Science*, s. 2.

¹³ Por. tenże, *W sprawie syntezy naukowej*, „Przegląd Filozoficzny”, 39(1936), s. 351.

ontologicznym. Fizycy nowożytni i współcześni pozostają w kręgu takiego myślenia. Ograniczone zostało tylko pole ich dociekań i zaakceptowano wymóg wyrażalności twierdzeń w języku matematyki¹⁴. W związku z ontologiczną wizją świata powstała klasyczna logika zdań¹⁵. Łukasiewiczowi i Zawirskiemu wydawało się, że logika wielowartościowa ma związek z rzeczywistością ujmowaną poznawczo w myśleniu ontologicznym¹⁶. Logika klasyczna nie jest teorią jakichkolwiek przedmiotów – jak to ujął w swoim czasie J. M. Bocheński – ale teorią pewnych związków zachodzących pomiędzy jakimikolwiek przedmiotami, które mogą być desygnatami nazw ogólnych lub denotacjami zdań oznajmujących¹⁷. Tego typu związki są stwierdzane w prawach logiki¹⁸. Istnienie takich związków jest przyjmowane w poznaniu potocznym oraz potwierdzają je przedstawiciele wszelkich nauk, których charakteryzuje ontologiczne podejście do rzeczywistości. Ajdukiewicz pisze, że prawa logiki stwierdzają obiektywne związki między stanami rzeczy, między faktami, które to związki stanowią logiczną strukturę świata. Wydaje się, iż stwierdzenie Zawirskiego, że twierdzenia logiki mówią o rzeczywistości bardzo wiele, bodaj czy nie „rzeczy najważniejsze”, należy rozumieć w świetle charakteryzowanego skrótowo w tym akapicie przedmiotu logiki klasycznej. Można powiedzieć, że twierdzenia logiki klasycznej stwierdzają najbardziej podstawowe związki, jakie zachodzą w rzeczywistości pomiędzy faktami (stanami rzeczy, zdarzeniami). Z kolei prawa nauk empirycznych są syntetycznymi twierdzeniami ściśle ogólnymi, opisującymi jakiś wewnętrzny i konieczny związek między zjawiskami pewnego typu, zwany prawidłowością przyrody¹⁹.

Pozostaje jeszcze do rozpatrzenia sprawa przynajmniej niektórych związków, które są stwierdzane w prawach logiki. W sformułowaniu prawie każdego twierdzenia klasycznego rachunku zdań występuje kilka funktorów prawdziwościowych. Za pomocą każdego z tych funktorów stwierdza się zachodze-

¹⁴ Por. W. Heisenberg, *Physics and Philosophy*, New York 1958, s. 74.

¹⁵ Por. A. Grzegorzek, *Nieklasyczne rachunki zdań a metodologiczne schematy badania naukowego i definicje pojęć asertywnych*, „Studia Logica”, 20(1967), s. 118.

¹⁶ Por. M. Lechniak, *Interpretacje wartości matryc logik wielowartościowych*, Lublin: RW KUL 1999, s. 132-156.

¹⁷ Por. S. Kiczuk, *Przedmiot logiki formalnej w ujęciu J. M. Bocheńskiego*, „Roczniki Filozoficzne”, 46-47(1998-1999), z. 1, s. 86.

¹⁸ Por. Ajdukiewicz, *Zarys logiki*, s. 5-6.

¹⁹ Por. J. Suciński, *Prawo naukowe*, w: *Filozofia a nauka*, red. Z. Cackowski, Warszawa: Ossolineum 1987, s. 519.

nie pewnego prostego związku. Związki te są niezależne – co podkreślił Z. Kraszewski – od czynnika czasowego. W grę będą więc wchodziły jednocześnie i niejednocześnie współzajścia, niewspółzajścia itp. faktów, zdarzeń, stanów rzeczy. Można mówić o następujących najbardziej podstawowych związkach pomiędzy dwoma faktami (zdarzeniami, stanami rzeczy): związek współzajścia dwóch faktów, związek niewspółzajścia dwóch faktów, związek współniezajścia dwóch faktów, związek niewspółniezajścia dwóch faktów, związek niezgodności dwóch faktów pod względem zajścia faktu, związek zgodności dwóch faktów pod względem zachodzenia faktów, związek warunkowy²⁰. Wykorzystując powyższe nazwy związków, można przykładowo wyrazić to, co stwierdzają następujące prawa klasycznego rachunku zdań: prawo wyłączonego środka stwierdza związek niewspółniezajścia jakiegoś faktu i niezajścia tegoż faktu; prawo niesprzeczności stwierdza związek niewspółzajścia faktu i niezajścia tegoż faktu; prawo simplifikacji stwierdza, że jeżeli zachodzą dwa fakty, to jeden z nich też zachodzi.

Już wyżej podkreślono, że niektóre twierdzenia logiczne, tj. twierdzenia implikacyjne, są gwarantami schematów niezawodnego wnioskowania. Według Zawirskiego system logiki stosowany w jakiejś dziedzinie wiedzy ma dostarczyć takich schematów wnioskowania, że wnioskując według tych schematów, nie przejdzie się od prawdziwych przesłanek do fałszywego wniosku. Polski uczony był przekonany, że ukazał takie schematy wnioskowania oparte na prawach dwuwartościowej logiki zdań, które w odniesieniu do N. Bohra teorii komplementarności są podważane przez fakty doświadczenia. Jego zdaniem, doświadczalne podważenie choćby jednego prawa logiki dwuwartościowej decyduje o odrzuceniu całego systemu jej praw w danej dziedzinie wiedzy. Chcąc uniknąć wszystkich tych trudności – stwierdza Zawirski – należy stosować w uzasadnianiu pośrednim twierdzeń dotyczących tej dziedziny rzeczywistości, którą opisuje i wyjaśnia Bohra teoria komplementarności, Łukasiewicza system logiki trójwartościowej. Logika ta wyznacza podstawową strukturę owej teorii dotyczącej świata realnego i decyduje o sposobie, w jaki są uzasadniane jej twierdzenia. W wypadku teorii Bohra logika trójwartościowa Łukasiewicza zostałaby zidentyfikowana jako logika właściwa tej teorii. Z tego by wynikało, że struktura międzydaniowa teorii komplementarności byłaby uboższa od struktury innych teorii, w których poszczególne wyrażenia typu zdaniowego byłyby wiązane na podstawie praw dwuwartościowej logiki zdań.

²⁰ Por. Z. K r a s z e w s k i, *Logika. Nauka rozumowania*, Warszawa: PWN 1975, s. 122-123.

Fakt, że wspomniana struktura byłaby uboższa, wynikałby stąd, że w logice trójwartościowej odpadają – jak pisał Zawirski – niektóre prawa logiki dwuwartościowej. Dla każdej teorii należącej do nauk realnych zidentyfikowanie systemu logiki byłoby logicznym sprawdzianem poprawności uzasadnień naukowych, gdyż nie wolno poprzestać – jak głosił Zawirski – na własnym, naturalnym czy narzuconym, poczuciu ścisłości²¹.

Niekiedy można przeczytać, że współczesna logika formalna powstała z tendencji do ścisłego unaukowiania samej logiki i z tendencji do uczynienia z praw logicznych poręcznych i wolnych od wieloznaczności języka potocznego wzorów, które mogłyby służyć jako precyzyjne narzędzia kontrolne wszelkich rozumowań. Powyżej ukazano – dosyć szczegółowo – na czym polega stosowanie praw logiki do nauk przyrodniczych. Trzeba jeszcze m.in. ukazać możliwość korzystania z rezultatów badań poczynionych nad systemami dedukcyjnymi, aksjomatycznymi logiki formalnej w teoriach przyrodniczych, przede wszystkim w teoriach fizyki.

Na gruncie polskim po raz pierwszy, bardzo obszernie, zagadnieniem aksjomatyzacji fizyki od strony teoretycznej zajął się wspomniany uprzednio Zawirski. Współczesna mu logika formalna była już zbiorem systemów dedukcyjnych aksjomatycznych, których tezy zbudowane są ze stałych logicznych i symboli zmiennych. Zawirski podkreślał, że do rozwoju metody aksjomatycznej przyczyniły się badania nad podstawami geometrii nieeuklidesowych. Dzięki nim zwrócono uwagę na fakt, iż aksjomaty nie muszą być oczywiste.

Czym jest dla Zawirskiego fizyka i jaka jest jej metoda? Metodę tę nazywa Zawirski odwrotnością metody dedukcyjnej stosowanej w logice i w matematyce. W naukach przyrodniczych bowiem poszukuje się racji, z których wynikają zdania o faktach, jako konsekwencje tych racji. Obserwacja faktów powinna być połączona z dokładnym pomiarem ilościowym. Racje to prawie zawsze wyrażenie pewnych stałych związków ilościowych między wielkościami fizycznymi. Dzięki temu – pisze Zawirski – znaczna część nauk przyrodniczych stała się terenem matematyki stosowanej. Nauki te nazywa się matematycznym przyrodoznawstwem. Należy do nich fizyka, której przypisuje się rangę „podstawy nauk przyrodniczych”. Ona to bada zjawiska, o ile są mierzalne, i poszukuje związków matematycznych wiążących wielkości występu-

²¹ Należy zauważyć, iż w opracowaniach poświęconych twórczości naukowej Zawirskiego ukazano, że niektóre fakty ujmowane poznawczo i wyrażane na gruncie teorii Bohra nie są – wbrew ujęciu Zawirskiego – zgodne z Łukasiewiczza systemem logiki trójwartościowej. Zob. K i c z u k, *Stosowalność logik wielowartościowych*, s. 109-110.

jące w zjawiskach²². Jako zjawisko należy traktować również to, co da się przedstawić na przedłużeniu linii zjawisk, chociażby naocznie nie dało się tego ująć²³. Zawirski dodaje, że nie chce przeoczyć roli pierwiastka konstrukcyjnego i intuicyjnego w poznaniu matematyczno-przyrodniczym. Teoria względności jest argumentem potwierdzającym znaczenie tego elementu. Aby odróżnić poznanie przyrodnicze (fizykalne) od filozoficznego, autor czyni uwagę, że poznanie przyrodnicze wyraża zawsze tylko to, czym dany przedmiot jest względem innych i dla innych przedmiotów, a nie to, czym jest on dla siebie.

Fizyka jako podstawa wszystkich nauk przyrodniczych – jak wspomniano – staje się pewnym działem matematyki stosowanej. Autor wyciąga stąd wnioski, że pogłębienie logiczne metody badań matematycznych przez aksjomatyzację (formalizację) nie może pozostać bez wpływu na fizykę. To, że metoda fizyki jest inwersją dedukcji stosowanej przez logikę formalną i matematykę, ma doniosłość tylko dla heurystyki. Zdobyte wiadomości fizyk stara się uporządkować, nadać nauce wygląd wykończonej teorii, której prawa ogólniejsze idą przed bardziej szczegółowymi itp.²⁴ Fizyka – pisze Zawirski – w bardzo wielu swoich działach ma charakter nauki dedukcyjnej, pomimo że jej prawa zostały uzyskane na drodze indukcyjnej. Polski autor, mając na względzie korzyści płynące z aksjomatyzacji systemów matematyki i logiki formalnej, postuluje doskonalenie teorii fizyki przez konstruowanie odpowiednich systemów aksjomatycznych. Istnieje więc, według niego, możliwość wykorzystania rezultatów badań nad metodą nauk dedukcyjnych w teoriach fizykalnych. Okoliczność, iż symbole matematyczne fizyki muszą być tak dobrane, aby można było im przyporządkować pewne dane empiryczne, nie przeszkadza aksjomatyzacji, lecz sprawia lub może sprawić, że aksjomatyka ulegnie pewnym zmianom, gdyż fizyka nie jest nauką zamkniętą²⁵. Aksjomatyzacja w zasadzie dotyczy tylko wiedzy już zdobytej, czasami służy jako ważny środek heurystyczny w odkrywaniu praw, nigdy jednak tych praw nie uzasadnia, ponieważ uzasadnienia w fizyce może dostarczyć tylko sprawdzalność w doświadczeniu²⁶.

²² Por. Z a w i r s k i. *Metoda aksjomatyczna a przyrodznawstwo* (2), „Kwartalnik Filozoficzny”, 2(1923-1924), s. 138.

²³ Tamże, s. 150.

²⁴ Por. t e n ż e. *Metoda aksjomatyczna a przyrodznawstwo* (1), „Kwartalnik Filozoficzny”, 1(1922-1923), s. 524.

²⁵ Tamże, s. 525.

²⁶ Por. t e n ż e. *Próby aksjomatyzacji fizyki i ich znaczenie filozoficzne*, „Przegląd Filozoficzny”, 30(1927), s. 289.

Aksjomatami fizyki nazywa Zawirski wyrażenia zdaniowe wiążące w pewien sposób symbole matematyczne stosowane do doświadczenia. Aksjomaty te stanowią niejako definicję przyrody. Każdorazowa zmiana aksjomatów zmienia pojęcia o świecie. Jednakże określają one przedmiot fizyki teoretycznej tylko pod tym warunkiem, że zachodzą zjawiska, które dadzą się przyporządkować symbolom tych aksjomatów w sposób jednoznaczny²⁷. Zbiór tez i aksjomatów, w oderwaniu od tego, co można im empirycznie przyporządkować, Zawirski nazywa formą albo szkieletem logiczno-matematycznym teorii fizycznej (ewentualnie całej fizyki). Aksjomaty fizyki nie muszą być oczywiste i intuicyjnie pewne. Jako przykład takiego aksjomatu autor prezentuje aksjomat ogólnej inwariacji (występujący w aksjomatyce D. Hilberta), który narusza inwariacyjny charakter czasu i przestrzeni, czyniąc kontinuum czasowe zależnym od kontinuum przestrzennego, a to ostatnie od rozmieszczonych w nim mas, a więc zasobów energii. Ponieważ aksjomat ten operuje pojęciami mającymi nie zawsze zrozumiały sens intuicyjny, jak np. pojęciem krzywizny samej przestrzeni, w fizyce ma się więc do czynienia z tym samym stanem rzeczy, do którego przyzwyczaiła nas metoda aksjomatyczna w logice formalnej i matematyce²⁸.

Zawirski podkreśla więc, że szeroko pojęta logika formalna nie tylko dostarcza wzoru metody dla fizyki, lecz także usposabia odpowiednio fizyka do przyjęcia tej metody. Usiłuje on również usprawiedliwić możliwość nieoczywistych aksjomatów w fizyce. Na pierwszy rzut oka taki stan rzeczy wydaje się niemożliwy w nauce przyrodniczej, skoro pod każdy symbol trzeba w niej podstawić wielkość fizyczną odpowiadającą doświadczeniu. Autor jednak konkluduje, że możliwość przyporządkowania symbolom znaczeń konkretnych czy też odczytania związków między tymi symbolami jako zdań oczywistych jest ograniczona szczupłością zmysłowego doświadczenia, poza które fizyka ustawicznie usiłuje wyjść drogą rachunku w kierunku mikro- i makrokosmosu. W fizyce bliższa charakterystyka jakościowa badanej wielkości może być niemożliwa, o ile odnośny przedmiot nie wykazuje żadnej analogii z czymś danym w bezpośrednim oglądzie zmysłowym.

Przedmiot fizyki, odmienny od przedmiotu logiki formalnej i matematyki, sprawia, że aksjomatyzacja poszczególnych teorii fizycznych jest rzeczą trudną, ale możliwą do zrealizowania. Zawirski wyraźnie też stwierdza, że aksjomatyzacja teorii fizycznych nie może mieć charakteru prawd wiecznych,

²⁷ Por. t e n ż e, *Metoda aksjomatyczna* (2), s. 22.

²⁸ Tamże, s. 24.

niewzruszonych. Cechą natomiast aksjomatów matematycznych fizyki powinno być to, by wiązały one rezultaty doświadczeń w system wolny od sprzeczności²⁹. Trzeba jeszcze nadmienić, iż Zawirski widział możliwość połączenia wszystkich działów fizyki w jedną teorię naukową i aksjomatyzacji tak pojętej teorii.

W celu dokonania oceny tego, co Zawirski pisał o doniosłości badań nad metodą nauk formalnych dla teorii fizykalnych, a co wyżej pokrótce przedstawiono, jawi się konieczność prezentacji tej problematyki przez autorów współczesnych Zawirskiemu i nowszych. Trzeba podkreślić, że w Polsce o aksjomatyzacji fizyki i filozofii mówiono wiele w okresie międzywojennym. Nastąpiło to zwłaszcza po Drugim Polskim Zjeździe Filozoficznym w 1927 r.³⁰ Ujawniły się odmienne stanowiska. Nie wszyscy widzieli potrzebę korzystania z rezultatów badań nad systemami dedukcyjnymi logiki i matematyki w celu doskonalenia teorii fizykalnych. Ustalenia dotyczące budowania aksjomatycznego systemu dedukcyjnego w stadium aksjomatycznym – a tym bardziej sformalizowanym – omawiane przez metodologów dedukcji, wydawały się niektórym uczonym zbyt rygorystyczne i niezgodne z duchem fizyki jako nauki empirycznej.

Przeciwnikiem doskonalenia teorii fizykalnej przez aksjomatyzację, która byłaby czymś więcej niż podporządkowaniem praw poszczególnych grup zjawisk pod najogólniejsze zasady, był B. Gawecki³¹. Na gruncie polskim w okresie międzywojennym za możliwością aksjomatyzacji poszczególnych działów fizyki, oprócz Zawirskiego, opowiadali się: J. Łukasiewicz³², T. Kotarbiński³³, B. Bornstein³⁴, W. Wilkosz³⁵, A. Tarski³⁶, C. Białobrze-

²⁹ Tamże, s. 39.

³⁰ Zawirski ogłosił swą pracę *Metoda aksjomatyczna a przyrodoznawstwo* w latach 1923-1924. Niewątpliwie w związku z nią w Warszawskim Instytucie Filozoficznym w dniu 24 X 1924 r. odbyła się publiczna dyskusja na temat aksjomatyzacji w fizyce. Dyskusję zagał B. Gawecki, który w tym czasie opublikował recenzję wyżej wspomnianej rozprawy Zawirskiego. Głos w dyskusji zabrali: B. Gawecki, J. Łukasiewicz, Cz. Białobrzecki, S. Kobyłecki, B. Bornstein, T. Kotarbiński. Zob. „Biuletyn Posiedzeń Naukowych Warszawskiego Instytutu Filozoficznego”, 1924-1925, s. 24-26.

³¹ Głos w dyskusji, tamże, s. 24. Por. B. G a w e c k i, *Zygmunt Zawirski 1882-1948*, „Przegląd Filozoficzny”, 54(1948), s. 438; t e n ż e, *Zagadnienie przyczynowości w fizyce*, Warszawa: IW PAX 1969, s. 12.

³² Głos w dyskusji, „Biuletyn Posiedzeń Naukowych [...]”, s. 25.

³³ Głos w dyskusji, tamże.

³⁴ Głos w dyskusji, tamże.

³⁵ *Znaczenie logiki matematycznej dla matematyki i innych nauk ścisłych*, „Przegląd Filozoficzny”, 39(1936), s. 346.

ski³⁷, K. Ajdukiewicz³⁸, J. M. Bocheński³⁹. Białobrzeski, który był fizykiem, nie podzielał poglądów Zawirskiego dotyczących aksjomatyzacji całej fizyki i uczynienia z niej jednej teorii naukowej. Należy podkreślić, że stanowisko Białobrzeskiego potwierdza praktyka naukowa.

Również w okresie powojennym pojawiają się publikacje traktujące o metodzie aksjomatycznej w fizyce. Problematykę tę poruszają m.in. K. R. Popper⁴⁰, F. S. C. Northrop⁴¹, P. Suppes⁴², M. Przełęcki⁴³, R. Wójcicki⁴⁴. Dla omawianych przez nas zagadnień cenne uwagi poczynił Przełęcki. Zwraca on uwagę na to, że logika współczesna widzi w teorii główny składnik nauki, jej podstawową strukturę metodologiczną⁴⁵. Logika ta najczęściej chce traktować każdą teorię jako pewien system aksjomatyczny i sformalizowany. Aksjomatyzacja i formalizacja teorii empirycznej są metodami jej precyzyjnego określenia i jedyną drogą do jej zadowalającej pod względem logicznym charakterystyki. Przełęcki również dodaje, że ujęcie teorii empirycznej w postaci sformalizowanego systemu aksjomatycznego nie stanowi jej wiernego odzwierciedlenia, lecz raczej logiczną rekonstrukcję. Postępowanie takie jest dopuszczalne, gdyż odchylenia nie prowadzą, w zastosowaniu do rozważanych problemów, do błędnych konsekwencji. Przełęcki zajmuje również stanowisko wobec sprzeczności co do nadawania teoriom empirycznym postaci systemów aksjomatycznych. Jego zdaniem niekiedy błędnie utożsamia się stosunek wynikania logicznego ze stosunkiem uzasadniania. Stąd też wyróżnianie aksjomatów teorii jako tych tez, z których wynikają logicznie wszystkie pozostałe twierdzenia, bywa pojmowane nieraz jako przypisywanie im charakteru

³⁶ Głos w dyskusji, „Biuletyn Posiedzeń Naukowych [...]”, s. 25.

³⁷ *O aksjomatyzacji fizyki*, „Przegląd Filozoficzny”, 31(1928), s. 23-26.

³⁸ Głos w dyskusji, „Biuletyn Posiedzeń Naukowych [...]”, s. 26.

³⁹ *O relatywizmie logicznym*, „Studia Gnesnensia”, 15(1937), s. 109.

⁴⁰ *The Logic of Scientific Discovery*, London 1959, s. 75.

⁴¹ *The Logic of Sciences and the Humanities*, New York 1960, s. 61, 63, 135.

⁴² *Axioms for Relativistic Kinematics with or without Parity*, w: *Studies in the Methodology and Foundations of Science*, Dordrecht 1969, s. 194-196.

⁴³ *Teorie empiryczne w ujęciu logiki współczesnej*, w: *Fragmenty filozoficzne*, Warszawa: PWN 1967, s. 75-101, seria trzecia.

⁴⁴ *Metodologia formalna nauk empirycznych*, Wrocław-Warszawa-Kraków: Ossolineum 1974, s. 24, 41, 47.

⁴⁵ Zawirski, opowiadając się za tym, że nie można weryfikować żadnego wyizolowanego zdania teorii, również dał dowód, że teorię uznaje za główny składnik nauki. Zob. Zawirski, *Uwagi o metodzie nauk przyrodniczych*, „Przegląd Filozoficzny”, 44(1948), s. 315-318.

tez, które mają uzasadniać pozostałe twierdzenia. Wyróżnienie jakichś twierdzeń teorii fizycznej jako aksjomatów nie przesądza niczego o ich roli w procedurze uzasadniania. Autor przyznaje, że aksjomatyzacja teorii empirycznych jest trudna do przeprowadzenia. Może to przerastać umiejętności fizyka teoretyka. W wielu wypadkach tylko logik może skonstruować adekwatną aksjomatykę dla danej teorii przyrodniczej.

W nowszej literaturze z zakresu formalnej metodologii nauk mówi się o logicznej rekonstrukcji teorii przyrodniczych⁴⁶. Rekonstrukcja logiczna teorii fizycznej polega na takim jej zmodyfikowaniu, że każdy element składowy tej teorii zostaje jednoznacznie określony. Chodzi przede wszystkim o jednoznaczne określenie aparatury pojęciowej, którą się posługujemy w danej teorii, a także środków dowodowych stosowanych na gruncie danej teorii.

Można powiedzieć, że metoda dedukcyjna, znamienna dla nauk formalnych, może być stosowana z pożytkiem w poszczególnych teoriach fizycznych. Trudno jest utrzymać tezę o możliwości ujęcia całej fizyki w sformalizowany system aksjomatyczny. Trzeba podkreślić, że metoda nauk formalnych w odniesieniu do poszczególnych teorii fizycznych nie jest środkiem do całkowitej eliminacji intuicji. Ta ostatnia jest eliminowana w kontrolowaniu dowodów sformalizowanych, lecz nie w odkrywaniu nowych twierdzeń i nowych dowodów.

Godne zauważenia jest to, że Zawirski w swych pracach poświęconych stosowaniu systemów logiki formalnej i rezultatów badań nad systemami dedukcyjnymi logiki formalnej i matematyki w celu doskonalenia ujęć teorii nauk przyrodniczych nie zwrócił należytej uwagi na eksplikację roli terminów matematycznych w systemach fizyki. Pominął zagadnienie, w jaki sposób w przeprowadzanych na terenie teorii fizycznych wnioskowaniach wykorzystuje się aparat matematyczny. Zawirski, jak się wydaje, nie zdawał sobie sprawy z tego, że na przykład fizyka nowożytna i współczesna posługują się dwoma językami. Jednym z nich jest język matematyczny, który zwięźle opisuje rzeczywiste związki zachodzące w przyrodzie. Fizykowi potrzebny jest również język zbliżony do potocznego, w którym to języku są również przeprowadzane różne wnioskowania⁴⁷.

Aksjomatami fizyki nazywał Zawirski wyrażenia wiążące w pewien sposób symbole matematyczne zinterpretowane empirycznie. Dodawał on jednak, że

⁴⁶ Por. W ó j c i c k i, *Metodologia formalna*, s. 19-67.

⁴⁷ Por. S. K i c z u k, *Język fizyki współczesnej i problem logiki mechaniki kwantowej w ujęciu Wernera Heisenberga*, „Roczniki Filozoficzne”, 36(1988), z. 1, s. 57-68.

zbiór takich aksjomatów – chociażby wystarczał fizykom do ujmowania wszelkich zjawisk fizycznych – nie może uchodzić za kompletne wykończenie aksjomatyki nauki przyrodniczej. Obok matematycznych aksjomatów powiązania muszą się znaleźć pewne zasady, które dokładnie określają warunki i podstawy, na jakich opiera się stosowanie symboli matematycznych do doświadczenia⁴⁸. Mówiąc o najogólniejszych zasadach poznawczych, Zawirski miał na myśli założenia dotyczące stosunków przestrzenno-czasowych oraz związków funkcjonalnych lub przyczynowych zachodzących w świecie przyrody⁴⁹. Przez długi czas panowało przekonanie, że niezmiennikami ludzkiego poznania, oprócz praw logiki, są czas i przestrzeń w ujęciu I. Newtona⁵⁰. Sądy o absolutnym czasie i absolutnej przestrzeni uchodziły za oczywiste, zgodne ze zdrowym rozsądkiem. Szczególna teoria względności zrelatywizowała czas. Relatywizacja czasu pociągnęła za sobą relatywizację stosunków przestrzennych. Zasady głoszące bezwzględność czasu i przestrzeni uniemożliwiają zrozumienie napisów fizyki relatywistycznej sporządzonych w języku matematyki⁵¹, czynią niemożliwym powiązanie rezultatów doświadczenia w system wolny od sprzeczności⁵².

Poza teorią względności, która burzyła naturalne pojęcia czasu i przestrzeni oraz w nowym świetle ukazywała stosunek materii i energii, Zawirski zwrócił uwagę również na mechanikę kwantową, która przez swe konsekwencje zagroziła – jak się wydawało – innym zasadom poznania przyrodniczego, a mianowicie zasadzie przyczynowości, oraz w nieoczekiwany sposób rozwiązała zagadnienie ciągłości lub nieciągłości zjawisk przyrody. Zawirski odrzucił tezę o fałszywości zasady przyczynowości i zaaprobował stanowisko J. Metallmanna – zajęte po raz pierwszy w literaturze światowej – dotyczące uogólnienia pojęcia determinizmu i zerwania z utożsamieniem determinizmu przyczynowego z determinizmem w ogóle. Metallmann podkreślał, że nie ma doświadczenia naukowego bez zasady przyczynowości, i ukazał związek pomiędzy zasadą przyczynowości a zasadą indukcji i zasadą częściowej tożsamości. Zasada indukcji jest tezą ontologiczną. Głosi ona, że w przyrodzie istnieje ład polegający na tym, że elementy są powtarzalne. Bez tego założe-

⁴⁸ Por. Z a w i r s k i, *Metoda aksjomatyczna* (2), s. 1.

⁴⁹ Tamże, s. 16.

⁵⁰ Por. t e n ż e, *Refleksje filozoficzne nad teorią względności*, „Przegląd Filozoficzny”, 23(1920), s. 349.

⁵¹ Por. t e n ż e, *Teoria kwantów a zasada przyczynowości*, „Przegląd Filozoficzny”, 23(1920), s. 300.

⁵² Por. t e n ż e, *Metoda aksjomatyczna* (2), s. 39.

nia i bez założenia, że układy elementów są powtarzalne – co głosi zasada częściowej tożsamości – przyrodoznawstwo jest niemożliwe⁵³. Zasada indukcji i zasada częściowej tożsamości potrzebne są do sformułowania zasady przyczynowości. Ta ostatnia opiera się więc na założeniach dotyczących porządku w przyrodzie.

W pracach powojennych z zakresu filozofii nauk przyrodniczych podkreśla się wyraźnie, że zasada przyczynowości jest jednym z najogólniejszych założeń, jakie się przyjmuje przed przystąpieniem do badań naukowych. M. Bunge nazywa zasadę przyczynowości zasadą ontologii naukowej, założeniem filozoficznym nauki potwierdzonym przez wyniki badań naukowych⁵⁴. Można ją też nazwać tezą ontologii hipotetycznej.

Ważne są uwagi filozofów nauk przyrodniczych, a w tym Zawirskiego, dotyczące zmian konstytutywnych zasad przyrodoznawstwa, które to zasady uchodziły od czasów Newtona do początku XX w. za oczywiste. Zawirski, mając na względzie niewątpliwe rezultaty, do jakich dochodzi metoda dedukcyjno-aksjomatyczna w naukach formalnych, stwierdza, że założenia najogólniejsze, przyjmowane przed przystąpieniem do badań w naukach przyrodniczych, niekoniecznie muszą być zgodne z oczywistością. Zastanawiał się on nad tym, jak zrozumieć fakt, iż doświadczenie może przeczyć ogólnym zasadom, mimo że wydawały się one niezależne od doświadczenia. Doszedł on do następujących konkluzji:

a) takie zasady, jak zasada ciągłości, wyrażona w zdaniu: *natura non facit saltus*, chociaż uchodziły za oczywiste, były rezultatem źle zaobserwowanych faktów;

b) zasady związane z przedstawieniem czasu i przestrzeni były przystosowane do pewnej ograniczonej dziedziny rzeczywistości.

Polski autor zauważył, że byłaby możliwa intuicja przestrzeni riemannowskiej, gdyby człowiek miał możliwość ogarnięcia zmysłami całości świata. Z kolei, gdyby człowiek był wszechobecny, może nietrudno byłoby mu zrozumieć, dlaczego momenty czasowe, które intuicja czasu absolutnego chce wskazać jako równoczesne, nie pozostają do siebie w relacji równoczesności. Umysł człowieka jest przystosowany do ograniczonej strefy rzeczywistości,

⁵³ Por. J. M e t a l l m a n n, *Determinizm nauk przyrodniczych*, Kraków: PAU 1934, s. 387.

⁵⁴ Por. M. B u n g e, *O przyczynowości*, Warszawa: PWN 1968, s. 40, 52. Trzeba mieć na względzie ten moment, że czym innym jest zasada przyczynowości w fizyce, a czym innym w ogólnej teorii bytu (metafizyce). W tym artykule nie zajmujemy się metafizyczną zasadą przyczynowości.

do dziedziny praktycznych wpływów, przy czym nie jest w stanie zmienić intuicji raz utworzonych⁵⁵. Tylko rozwój badań naukowych może wpłynąć modyfikująco na konstytutywne zasady nauk przyrodniczych, kierujące badaniami przyrodniczymi (na tych zasadach opiera się stosowanie symboli matematycznych do doświadczenia). Modyfikacja ta powinna się dokonać w ten sposób, żeby zasady zdroworozsądkowe były zawarte w nowych jako ich przypadek graniczny, ważny przynajmniej w niektórych warunkach⁵⁶. Modyfikacja dotyczy również fizykalnej zasady przyczynowości.

Niedowierzenie zdrowemu rozsądkowi przez Zawirskiego w przedstawianiu czasu i przestrzeni było ze wszech miar słuszne. Zdrowy rozsądek bowiem jest niczym innym, jak tylko uogólnieniem naszych wyobrażeń i przyzwyczajzeń życia codziennego⁵⁷. Fizykalna wiedza o czasie może się rozwijać z wiedzy potocznej, ale nie musi mieć zawsze zdroworozsądkowego charakteru tej ostatniej. Założenia dotyczące przede wszystkim stosunków przestrzenno-czasowych oraz związków przyczynowych przyjmuje świadomie lub mniej świadomie każdy, kto uprawia twórczo nauki przyrodnicze, a w szczególności matematyczne przyrodoznawstwo. Takie założenia – jak podkreślono wyżej – określają warunki i podstawy, na jakich opiera się stosowanie symboli matematycznych do doświadczenia.

Dotychczasowe uwagi zawarte w tym artykule dotyczyły możliwości wykorzystania systemów logiki formalnej, w których to systemach występują tylko funktory ekstensjonalne – prawdziwościowe – w teoriach nauk przyrodniczych, a szczególnie w niektórych teoriach fizykalnych⁵⁸. Prawa logiczne takich systemów odgrywały rolę narzędzi kontrolnych dotyczących wnioskowań przeprowadzanych w teoriach nauk przyrodniczych. Ukazano również, że rezultaty badań poczynionych nad systemami aksjomatycznymi logiki mogą być wykorzystane w celu odpowiednio ścisłego ujęcia teorii fizykalnych. Faktem jest jednak to, że począwszy głównie od lat pięćdziesiątych naszego stulecia, powstają systemy logik nieklasycznych, w których to systemach podaje się prawa rządzące poprawnym użyciem funktorów nieekstensjonalnych. Rodzi się pytanie dotyczące możliwości stosowania tych nowych systemów do teorii nauk przyrodniczych.

⁵⁵ Por. Z a w i r s k i, *Metoda aksjomatyczna* (2), s. 40.

⁵⁶ Por. t e n ż e, *Les tendances actuelles de la philosophie polonaise*. „Revue de synthese”, 10(1935), s. 138.

⁵⁷ Por. E. N i k i t i n, *Wyjaśnianie jako funkcja nauki*, Warszawa: PWN 1975, s. 7-13.

⁵⁸ Funktory występujące w logikach wielowartościowych twórcą tych logik. J. Łukasiewicz, traktował jako funktory prawdziwościowe – ekstensjonalne.

Już wyżej zwrócono uwagę, że istnieje problem języka w naukach przyrodniczych. Niewiele jest zwłaszcza prac dotyczących zagadnień związanych z językiem w fizyce nowożytnej i współczesnej. Autorem, który wypowiedział ważne uwagi na ten temat, był W. Heisenberg⁵⁹. Uwzględniając poglądy Heisenberga jako fizyka i filozofa nauki, można zasadnie powiedzieć, że fizyka nowożytna i współczesna posługuje się dwoma językami. Jednym z nich jest tzw. język matematyczny, który zwięźle opisuje stosunki zachodzące w przyrodzie i pozwala obliczyć wartości wielkości fizycznych, gdy dane są ilościowe informacje o innych wielkościach. Logiką takiego języka jest klasyczny rachunek logiczny. Fizykowi potrzebny jest również język wyobrażeniowy, zbliżony do języka potocznego, za pomocą którego można mówić o eksperymentach i przekazywać zmysłowo uchwytnie obrazy przyrody. Trzeba podkreślić, iż mówiąc o odpowiednim zastosowaniu systemów logicznych do teorii fizycznych, Zawirski nie wyraził tego, że te teorie mają dwa języki. Chodzi tu o wspomniany język matematyczny, w którym ściśle są ujmowane określone zależności między odpowiednimi wielkościami, i o język wyobrażeniowy, związany z formalizmem matematycznym. Wydaje się, że Zawirskiemu chodziło – w wypadku teorii Bohra – o logikę związaną z językiem wyobrażeniowym teorii fizycznych.

Nowe logiki, które powstają m.in. w związku z naukami przyrodniczymi, poszukują praw rządzących poprawnym użyciem funktorów nieekstensjonalnych, związanych z kluczowymi terminami występującymi w języku tych nauk, a w tym w języku wyobrażeniowym teorii fizycznych. Do takich słów należą przede wszystkim terminy „czas”, „zmiana”, „przyczyna”. Powstało wiele systemów logik temporalnych, powstały systemy logiki zmiany i logiki zdań przyczynowych. Niezmiernie ważnym działem tego typu dociekań są formalne teorie zdań czasowo zrelatywizowanych. Wielu logików wyrażało opinię o niewystarczalności klasycznego rachunku logicznego do analizy zwrotów, w których występują czasowniki wyrażające czasy gramatyczne lub zwroty dotyczące związków czasowych. Próby sformalizowania tego typu wyrażań za pomocą narzędzi językowych logiki klasycznej są nieadekwatne. Autorzy wskazują na przykłady wnioskowań, w których przesłanki i wniosek zawierają czasowniki wyrażające różne czasy gramatyczne. Wnioskowanie takie może być intuicyjnie niezawodne. Schemat takiego wnioskowania, zapisany za pomocą języka standardowej logiki, nie wyraża tego typu wnioskowa-

⁵⁹ Por. S. K i c z u k, *Związek przyczynowy a logika przyczynowości*, Lublin: RW KUL 1995, s. 98-112.

nia, a więc nie jest adekwatnym ujęciem związku pomiędzy uczasowionymi przesłankami a analogicznym w tym aspekcie wnioskiem⁶⁰.

Na ukazany stan rzeczy, w ostatnim półwieczu, różni logicy reagowali odmiennie. Jedni usiłowali tak przekształcić zdania czasowe, aby występującym w nich czasownikiem wyrażającym czasy gramatyczne nadać wydźwięk atemporalny. Inni popadali w pesymizm, utrzymując, że logika formalna nie jest w stanie adekwatnie przedstawić wyrażen języka potocznego. Zaistniała jednak możliwość zajęcia trzeciego stanowiska. Po prostu poszerzono zakres tego, co nazywano logiką formalną. Logicy zaczęli konstruować systemy logiczne, respektujące intensjonalną osobliwość zwrotów czasowych. Aby móc sformalizować zwroty języka potocznego lub zbliżone do języka naturalnego zwroty z wielu nauk, logicy wprowadzili funktory wyrażające różne relacje czasowe. Nie można pominąć milczeniem funktorów, których odpowiednikami w języku potocznym są zwroty „i następnie” oraz „i potem”. Logikę takich funktorów skonstruował G. H. von Wright. Fiński autor bowiem zbudował między innymi rachunki „And Next” i „And Then”⁶¹. W tezach tych logik występuje wzór pTq , który na gruncie pierwszego systemu odczytuje się „ p i następnie q ”, a w drugim systemie jest rozumiany „ p i potem q ”. Studium różnych systemów logik zdań czasowych ukazuje, że tezy tych logik ustalają znaczenie różnych funktorów związanych z terminem „czas” występujących w tych tezach oraz na różne sposoby charakteryzują następstwo czasowe. Za pomocą środków formalnych można ukazać to następstwo jako linearne, rozgałęzione, jako nie kończące się w przeszłości i w przyszłości, jako kolowe itp.

Generalnie rzecz ujmując, można powiedzieć, że nic nie stoi na przeszkodzie, aby konstruować językową i inferencyjną aparaturę potrzebną do kontrolowania wyrażen i wnioskowań czasowych⁶². Dobrze skonstruowane systemy, ustalające formalny sens m.in. wymienionych wyżej funktorów, umożliwiają ściśle operowanie w języku nauk przyrodniczych niektórymi zwrotami funktorowymi związanymi z terminem „czas”. Takie dobrze skonstruowane systemy, mające wartość poznawczą w naukach przyrodniczych, muszą ujmować takie własności czasu, które respektuje fizyka współczesna. Takim syste-

⁶⁰ Por. R. P. M c A r t h u r, *Tense Logic*, Dordrecht 1976, s. 1-2.

⁶¹ Por. G. H. v o n W r i g h t, „*And Next*”, „*Acta Philosophica Fennica*”, 18(1965), s. 293-304, oraz t e n ż e. „*And Then*”, „*Commentationes Physico-Mathematicae*”, 32(1966), nr 7, s. 1-11.

⁶² Czas w naukach przyrodniczych, w fizyce, odgrywa niezmiernie ważną rolę. Wszystko bowiem w ujęciu tych nauk dzieje się w czasie. Zmienna czasowa jest zmienną niezależną.

mem jest system „And Then” z drugim aksjomatem, który wyraża linearność czasu. Użycie funktora T (i potem) w systemie „And Then” nie zakłada, że czas jest dyskretny, i nie zakłada, że czas jest ciągły lub gęsty⁶³.

Trzeba zauważyć, że na gruncie współczesnej teorii nauki podkreśla się, iż wyraz „zmiana” jest jednym z tych terminów, którymi posługuje się każda nauka przyrodnicza, a w szczególności fizyka. Pojęcie zmiany wiąże się ściśle z akceptowaną obecnie wizją najgłębszego poziomu ontycznego rzeczywistości fizycznej. Pojawiły się systemy logik nieklasycznych, w których dodaje się prawa rządzące poprawnym użyciem funktorów związanych z terminem „zmiana”. Autorami takich systemów byli: L. S. Rogowski⁶⁴, B. V. Šešić⁶⁵ i G. H. von Wright⁶⁶. Ich systemy albo w ogóle nie dotyczyły zmiany, o której mówią nauki przyrodnicze (Rogowski, von Wright), albo dotyczyły takiej zmiany tylko w małym stopniu (Šešić). Zaszła potrzeba skonstruowania systemów logiki zmiany, w których to systemach – jak się wydaje – respektowano odpowiednie ustalenia dotyczące zmiany, poczynione na gruncie fizyki współczesnej jako dyscypliny koronnej dla wszystkich nauk przyrodniczych⁶⁷. Podstawowy system logiki zmiany, tj. system ZI, dotyczy funktora, który występuje w wyrażeniu „zmienia się to, że p ” ($Zm p$). Ten system został nadbudowany nad klasycznym rachunkiem zdań i nad wyżej skrótowo opisanym systemem logiki zdań czasowych „And Then”. W konstruowaniu systemu ZI (i w jego rozszerzeniach) przyjęto takie specyficzne aksjomaty (dotyczące głównego, wspomnianego funktora nieekstensjonalnego), które są zdaniem prawdziwymi w fizykalnym modelu zmiany. Przyjęto też takie pierwotne reguły wnioskowania, które stosują intuicyjnie słuszne reguły wnioskowania używane m.in. w traktowaniu o zmianach. Wprowadzone w tezach systemu ZI i w systemach pokrewnych osobliwe funktory logiki zmiany, oprócz tego, że są wyznacznikami wnioskotwórczych prawidłowości (obok funktorów prawdziwościowych), mogą być użyte jako terminy techniczne, służące wyrażaniu myśli na pewne tematy z większą precyzją, niż czynią to

⁶³ Por. E. S k a r ż y ń s k i, *Zagadnienie nieskończoności czasu globalnego*, „Roczniki Filozoficzne”, 25(1977), z. 3, s. 47-54, oraz M. H e l l e r. J. Ż y c i ń s k i, *Wszechświat i filozofia*, Kraków 1980, s. 194-209.

⁶⁴ Por. L. S. R o g o w s k i, *Logika kierunkowa a heglowska teza o sprzeczności zmiany*, Toruń 1964, s. 30-50.

⁶⁵ Por. B. V. Š e š i ć, *Logic of Change*, Bologna 1972, s. 8-15.

⁶⁶ Por. G. H. v o n W r i g h t, *Norm and Action*, New York 1963, s. 17-34.

⁶⁷ Por. S. K i c z u k, *Problematyka wartości poznawczej systemów logiki zmiany*, Lublin: RW KUL 1984, s. 222-243.

pewne zwroty potoczne. Można powiedzieć, że język odpowiednich systemów logiki zmiany może służyć utrwalaniu, przechowywaniu i komunikowaniu poznania⁶⁸ dotyczącego zmiany w naukach przyrodniczych. We właściwym pełnieniu tych funkcji należy m.in. upatrywać użyteczność poznawczą systemów logiki zmiany dla nauk przyrodniczych. Warto dodać, że wspomniane funkcje nazywane są czasami w literaturze czynnościami przypoznawczymi, gdyż nie uzyskujemy w nich wprost informacji o przedmiotach. Te czynności są jednak ściśle związane z uzyskiwaniem takich informacji. Należy też mieć na względzie to, że język systemów logicznych nie spełnia wspomnianych funkcji samodzielnie. Muszą wchodzić w grę również odpowiednie uzdolnienia podmiotów poznających⁶⁹. W każdym bądź razie w naukach przyrodniczych, w fizyce, stosowanie logiki formalnej może również polegać na odpowiednim wykorzystaniu jej języka.

O potrzebie korzystania z języka logiki formalnej w naukach przyrodniczych wiele pisze A. W. Burks. Chciał on na przykład zapisać symbolicznie, precyzyjnie następujące zdanie warunkowe: „Jeżeli ten pierścień (r) jest złoty (G) i jeśli byłby on umieszczony w wodzie królewskiej (A), to by się rozpuścił (D)”. Burks wykazał, że nie można tego zdania warunkowego, należącego do nauk przyrodniczych, zapisać ani za pomocą znaku implikacji logicznej (ściślej implikacji), tj. w postaci wzoru $GrAr \rightarrow Dr$, gdyż ten wzór jest fałszywy, ani za pomocą znaku implikacji materialnej, tj. w postaci wyrażenia $GrAr \supset Dr$ ⁷⁰. Podjął trud zbudowania systemu logiki formalnej, w którym to systemie znalazły się prawa rządzące poprawnym użyciem nowego funktora, tj. znaku implikacji kauzalnej. System implikacji kauzalnej Burksa był nadbudowany nad całym klasycznym rachunkiem logicznym. W aksjomatach specyficznych tego systemu wystąpiły funktory konieczności i możliwości logicznej oraz kauzalnej. Terminami pierwotnymi jego systemu były następujące symbole: znak negacji, znak alternatywy, kwantyfikator ogólny, znak logicznej konieczności (\Box), znak kauzalnej konieczności (\Box^C). Funktor implikacji kauzalnej jest wprowadzany definicyjnie ($\Phi \rightarrow \Psi = \text{df } \Box^C(\Phi \supset \Psi)$). Burks, konstruując swój system, wprowadził semantyczne pojęcie prostego modelu rzeczywistości. Jego aksjomaty specyficzne były prawdziwe w tym modelu. Konstruując jednak model rzeczywistości, w której zachodzą związki przyczynowe, nie uzgodnił swego sztucznego modelu ze światem przyrody, którego zależności

⁶⁸ Por. A. B. S t ę p i e ń, *Teoria poznania*. Lublin 1971, s. 62.

⁶⁹ Por. t e n z e, *Elementy filozofii*, Lublin: RW KUL 1982, s. 38.

⁷⁰ Por. A. W. B u r k s, *Chance, Cause, Reason*, Chicago and London 1977, s. 338-339.

przyczynowe chciał opisywać językiem swego systemu logicznego. Jak sam pisze, dla wygody przyjął aksjomat stwierdzający, że konieczność logiczna jest także koniecznością kauzalną ($\Box\Phi \supset \Box^C\Phi$)⁷¹. W jego systemie można udowodnić tezę, z której wynika, że zdarzenie niemożliwe może być przyczyną jakiegoś zdarzenia⁷². Burks usiłował poprawiać swój system wyjściowy. Wprowadził definicyjnie nowy rodzaj implikacji, tj. nieparadoksalną implikację kauzalną, i inne, mniej ważne rodzaje implikacji. Usiłował wiązać język swojego zmodyfikowanego systemu logicznego z językiem potocznym i językiem nauk przyrodniczych. Za pomocą znaku nieparadoksalnej implikacji kauzalnej konstruował modele praw przyczynowych występujących w językach nauk przyrodniczych, a wśród nich w języku wyobrażeniowym fizyki. Wykorzystywał też odpowiednie tezy swej logiki we wnioskowaniach przeprowadzanych na gruncie języka nauk przyrodniczych, które to wnioskowania dotyczyły w pewien sposób zależności przyczynowych.

Faktem jest, że w literaturze naukowej wypowiedzane są opinie, iż z niektórych zakładanych stosunków ontycznych występujących w świecie trudno jest zdać sobie sprawę za pomocą języka logiki klasycznej, bez użycia funktorów i terminów modalnych. Faktem jest, że związkowi przyczynowemu przyjmowanemu na gruncie fizyki przypisuje się cechę konieczności⁷³. W ścisłym języku logiki różnie ta cecha była wyrażana⁷⁴. Burks również w pewien sposób podjął to zagadnienie. Amerykański autor mówi jednak nie tyle o tym, że związek przyczynowy jest konieczny, ile charakteryzuje zdania logicznie konieczne i kauzalnie konieczne. Wyrażenia zdaniowe zawierające funktor logicznej konieczności wstępnie scharakteryzował on jako te, które podlegają weryfikacji lub falsyfikacji bez odwołania się do doświadczenia. Dokładniejsza charakterystyka pojęć modalnych zastała dokonana za pomocą pojęcia logicznie możliwego świata. To ostatnie pojęcie należy do semantyki formalnej, związanej z systemami logiki modalnej. Współczesne systemy logiki modalnej powstały najpierw jako systemy syntaktycznie ujęte na podstawie bliżej niesprecyzowanych intuicji⁷⁵. Semantyka, jako twór wysoce

⁷¹ Tamże, s. 426.

⁷² W grę wchodzi teza następująca: $(\Phi \rightarrow \Theta) \supset (\Phi \Psi \rightarrow \Theta)$.

⁷³ Por. Ł u k a s i e w i c z, *O determinizmie*, s. 121.

⁷⁴ Por. J. S ł u p e c k i, *Próba intuicyjnej interpretacji logiki trójwartościowej Łukasiewicza*, w: *Rozprawy logiczne*, Warszawa: PWN 1964, s. 187 oraz L. B o r k o w s k i, *W sprawie intuicyjnej interpretacji logiki trójwartościowej Łukasiewicza*, „Roczniki Filozoficzne”, 25(1977), z. 1, s. 62.

⁷⁵ Por. G. H. H u g h e s, M. J. C r e s s w e l l, *An Introduction to Modal Logic*, London 1974, s. 25-30.

sztuczny, była dostosowana do odpowiednich ujęć syntaktycznych. Ważną rolę odgrywa tu pojęcie logicznie możliwych światów. Wydaje się jednak, że systemy formalne, w których występują funktory modalne, trzeba tak konstruować, aby ujęcia syntaktyczne były oparte na dogłębnym analizach przeprowadzonych na gruncie szeroko pojętej filozofii, łącznie z filozofią nauki, a nie na zmiennych intuicjach. Nie może być tak, że od sztucznie utworzonych konstrukcji semantycznych przechodzi się do tworzenia języka formalnego, za pomocą którego chce się modelować kauzalne prawa nauk przyrodniczych. Aksjomaty specyficzne systemu logiki zdań kauzalnych muszą być ukazane jako prawdziwe w modelu określonego związku przyczynowego. Na gruncie różnych dziedzin nauk cechy tegoż związku mogą być inne lub inaczej rozumiane. Burks miał dobrą intuicję, że ze związkiem przyczynowym należy wiązać cechę konieczności. Tylko nie musi być tak, że ta konieczność jest wyrażana za pomocą funktora niejasno określonej przez Burksa konieczności logicznej lub jeszcze słabiej ukazanego funktora konieczności kauzalnej.

Należy odnotować i ten moment, że Burks zauważył również to, iż istnieje aspekt czasowy związku przyczynowego⁷⁶. Uważa on jednak, że następstwo czasowe skutku po przyczynie może być wyrażone tylko przez użycie zmiennych przebiegających zbiorów momentów czasowych. To z kolei prowadzi, jego zdaniem, do formuł niezwykle złożonych. Wydaje się jednak, że następstwo czasowe można obecnie wyrazić w sposób bardzo prosty za pomocą funktorów odpowiednich systemów logiki zdań czasowych.

Można powiedzieć, że Burks wypowiedział wiele cennych uwag programowych oraz dokonał wielkiej pracy formalnej, konstruując niezwykle bogaty formalnie system logiki zdań kauzalnych dla potrzeb nauk przyrodniczych. Analogiczne systemy można jednak konstruować, wykorzystując dobrze scharakteryzowane formalnie i intuicyjnie (filozoficznie) funktory logiki temporalnej i logiki zmiany. Odpowiedni funktor implikacji kauzalnej może być terminem pierwotnym. Konstruując logikę zdań kauzalnych dla potrzeb koronnej dyscypliny nauk przyrodniczych, tj. fizyki, trzeba brać pod uwagę ten moment, iż nie wystarczy, że tezy tej logiki będą prawdziwe w sztucznym, semantycznym modelu świata. Aksjomaty i tezy adekwatnego systemu logiki kauzalnej muszą być prawdziwe w przyrodniczym (fizycznym) modelu związku przyczynowego. Sztuczny, semantyczny model logiki kauzalnej – o ile jest budowany – musi być uzgodniony z modelem przyrodniczym (fizycznym) związku przyczynowego. Wydaje się, że system logiki zdań kauzal-

⁷⁶ Por. B u r k s, *Chance. Cause, Reason*, s. 456.

nych, którego aksjomaty i tezy są prawdziwe w przyrodniczym (fizykalnym) modelu związku przyczynowego, został ostatnio skonstruowany, a przynajmniej wyraźnie zarysowany⁷⁷.

Podsumowując powyższe uwagi dotyczące związków zachodzących pomiędzy logiką formalną a naukami przyrodniczymi, należy jeszcze raz stwierdzić, że współcześnie koronną dyscypliną nauk przyrodniczych jest fizyka. W literaturze ukazano, że fizyka nowożytna i współczesna posługuje się dwoma językami. Jednym z nich jest tzw. język matematyczny, który zwięźle opisuje stosunki zachodzące w przyrodzie i pozwala obliczyć wartości pewnych wielkości, gdy dane są ilościowe informacje o innych wielkościach. Logiką takiego języka jest klasyczny rachunek logiczny. Tezy klasycznego rachunku logicznego mogą służyć jako narzędzia kontrolne wszelkich wnioskowań przeprowadzanych na gruncie tegoż języka. W artykule ukazano, że istnieje możliwość wykorzystania reguł budowania aksjomatycznych systemów dedukcyjnych klasycznego rachunku logicznego w konstruowaniu odpowiednich systemów aksjomatycznych w fizyce. System aksjomatyczny bowiem może dobrze reprezentować teorię empiryczną. Wyróżnienie jakichś twierdzeń teorii przyrodniczej jako aksjomatów nie przesądza niczego o ich roli w procedurze uzasadniania. Podkreślono również, że symbole stałych logicznych tegoż rachunku mogą być wykorzystane do modelowania praw fizyki lub innej nauki przyrodniczej, której tezy są wyrażone w języku matematyki. W artykule zostało podkreślone, że fizykowi potrzebny jest również język wyobrażeniowy – zbliżony do języka potocznego – za pomocą którego można mówić o eksperymentach i przekazywać zmysłowo uchwytnie obrazy przyrody. W takim języku występują funktory nieekstensjonalne, związane z kluczowymi terminami występującymi w języku wyobrażeniowym teorii fizykalnych (i innych teorii przyrodniczych). Takimi kluczowymi terminami są przede wszystkim słowa: „czas”, „zmiana”, „związek przyczynowy”. Powstały systemy logik nieklasycznych, które podają prawa rządzące poprawnym użyciem funktorów nieekstensjonalnych związanych z tymi terminami. Jeżeli systemy logik nieklasycznych są konstruowane we właściwy sposób, a przede wszystkim jeżeli aksjomaty i tezy tych systemów są prawdziwe w odpowiednich modelach fizykalnych czy przyrodniczych (np. czasu, zmiany, związku przyczynowego), to te logiki mogą być z powodzeniem stosowane w teoriach przyrodniczych. Tezy tych logik, w których to tezach występują funktory

⁷⁷ Por. S. K i c z u k. *The Logic of Causal Propositions*, w: *Studies in Logic and Theory of Knowledge*, ed. by S. Kiczuk, J. Herbut, A. B. Stępień, Lublin: TN KUL 1998, s. 19-63.

nieekstensjonalne – obok też klasycznego rachunku logicznego – mogą być wykorzystane jako gwaranty schematów odpowiednich wnioskowań. Język zaś logik nieklasycznych, prawidłowo skonstruowanych, może służyć utrwaleniu, przechowywaniu i komunikowaniu odpowiednich rezultatów poznawczych.

BIBLIOGRAFIA

- Ajdukiewicz K., *Zarys logiki*, Warszawa: PZWS 1960.
- Bocheński J. M., *Logika i ontologia*, w: *Logika i filozofia*, red. J. Parys, Warszawa: PWN 1993.
- Borkowski L., *W sprawie intuicyjnej interpretacji logiki trójwartościowej Łukasiewicza*, „*Roczniki Filozoficzne*”, 25(1977), z. 1.
- Bunge M., *O przyczynowości*, Warszawa: PWN 1968.
- Burks A. W., *Chance. Cause. Reason*, Chicago–London 1977.
- Gaweckie B., *Zagadnienia przyczynowości w fizyce*, Warszawa: IW PAX 1969.
- Grzegorzyc A., *Nieklasyczne rachunki zdań a metodologiczne schematy badania naukowego i definicje pojęć asertywnych*, „*Studia Logica*”, 20(1967).
- Heisenberg W., *Physics and Philosophy*, New York 1958.
- Heller M., Życiński J., *Wszczęświat i filozofia*, Kraków 1980.
- Hughes G. H., Cresswell M. J., *An Introduction to Modal Logic*, London 1974.
- Kiczuk S., *Stosowalność logik wielowartościowych w teoriach fizykalnych w ujęciu Z. Zawirskiego*, „*Studia Philosophiae Christianae*”, 10(1974), nr 2.
- Kiczuk S., *Problematyka wartości poznawczej systemów logiki zmiany*, Lublin: RW KUL 1984.
- Kiczuk S., *Język fizyki współczesnej i problem logiki mechaniki kwantowej w ujęciu Wernera Heisenberga*, „*Roczniki Filozoficzne*”, 36(1988), z. 1.
- Kiczuk S., *Związek przyczynowy a logika przyczynowości*, Lublin: RW KUL 1995.
- Kiczuk S., *The Logic of Causal Propositions*, w: *Studies in Logic and Theory of Knowledge*, ed. by S. Kiczuk, J. Herbut, A. B. Stępień, Lublin: TN KUL 1998.
- Kiczuk S., *Przedmiot logiki formalnej w ujęciu J. M. Bocheńskiego*, „*Roczniki Filozoficzne*”, 46-47(1998-1999), z. 1.
- Kraszewski Z., *Logika. Nauka rozumowania*, Warszawa: PWN 1975.
- Lechniak M., *Interpretacje wartości matryc logik wielowartościowych*, Lublin: RW KUL 1999.
- Łukasiewicz J., *Logistyka i filozofia*, „*Przegląd Filozoficzny*”, 39(1936).
- Łukasiewicz J., *O determinizmie*, w: *Z zagadnień logiki i filozofii*, red. J. Słupecki, Warszawa: PWN 1962.
- McArthur R. P., *Tense Logic*, Dordrecht 1976.
- Metallmann J., *Determinizm nauk przyrodniczych*, Kraków: PAU 1934.
- Nikitiń E., *Wyjaśnianie jako funkcja nauki*, Warszawa: PWN 1975.
- Popper K. R., *The Logic of Scientific Discovery*, London 1959.
- Przełęczki M., *Teorie empiryczne w ujęciu logiki współczesnej*, w: *Fragmenty filozoficzne*, Warszawa: PWN 1967, seria trzecia.
- Rescher N., *Many-valued Logic*, New York–St. Louis 1969.

- R o g o w s k i L. S., Logika kierunkowa a heglowska teza o sprzeczności zmiany, Toruń 1964.
- Š e š i c B. V., Logic of Change, Bolonia 1972.
- S k a r ż y Ń s k i E., Zagadnienie nieskończoności czasu globalnego, „Roczniki Filozoficzne”, 25(1977), z. 3.
- S ł u p e c k i J., Próba intuicyjnej interpretacji logiki trójwartościowej Łukasiewicza, w: Rozprawy logiczne, Warszawa: PWN 1964.
- S t ę p i e ń A. B., Teoria poznania, Lublin: TN KUL 1971.
- S t ę p i e ń A. B., Elementy filozofii, Lublin: RW KUL 1982.
- S u c h J., Prawo naukowe, w: Filozofia a nauka, red. Z. Cackowski, Wrocław-Warszawa: Ossolineum 1987.
- W ó j c i c k i R., Metodologia formalna nauk przyrodniczych, Wrocław-Warszawa-Kraków: Ossolineum 1974.
- W r i g h t G. H. von, Norm and Action, New York 1963.
- W r i g h t G. H. von, „And Next”, „Acta Philosophica Fennica”, 18(1965).
- W r i g h t G. H. von, „And Then”, „Commentationes Physico-Mathematicae”, 32(1966), nr 7.
- Z a w i r s k i Z., Teoria kwantów a zasada przyczynowości, „Przegląd Filozoficzny”, 23(1920).
- Z a w i r s k i Z., Refleksje filozoficzne nad teorią względności, „Przegląd Filozoficzny”, 23(1920).
- Z a w i r s k i Z., Metoda aksjomatyczna a przyrodoznawstwo (1), „Kwartalnik Filozoficzny”, 1(1922-1923).
- Z a w i r s k i Z., Metoda aksjomatyczna a przyrodoznawstwo (2), „Kwartalnik Filozoficzny” (2), 2(1923-1924).
- Z a w i r s k i Z., Próby aksjomatyzacji fizyki i ich znaczenie filozoficzne, „Przegląd Filozoficzny”, 30(1927).
- Z a w i r s k i Z., Próby stosowania logiki wielowartościowej do współczesnego przyrodoznawstwa, „Sprawozdania Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk”, 5(1931).
- Z a w i r s k i Z., Les tendances actuelles de la philosophie polonaise, „Revue de synthese”, 10(1935).
- Z a w i r s k i Z., W sprawie syntezy naukowej, „Przegląd Filozoficzny”, 39(1936).
- Z a w i r s k i Z., Uwagi o metodzie nauk przyrodniczych, „Przegląd Filozoficzny”, 44(1948).
- Z a w i r s k i Z., Science et philosophie, Varsovie 1937.
- Ż y c i ń s k i J., H e l l e r M., Wszechświat i filozofia, Kraków 1980.

CONTEMPORARY FORMAL LOGIC AND THE NATURAL SCIENCES

S u m m a r y

In the first part of the article the questions are discussed that are connected with applying the rules of classical sentence logic and manyvalued logic in theories of natural sciences, mainly in N. Bohr's theories of complementarity. This part of the article explicates Z. Zawirski's proposition that the rules of logic, through applying them to the world, not only stop being tautologies that do not say anything about the reality, but they become natural hypotheses that say a lot, perhaps "the first things", about that reality.. In the article the possibility

is shown of using the rules of building axiomatic deductive systems of classical logical calculus in construction of corresponding axiomatic systems in physics, as an axiomatic system may well represent an empirical theory. In the second part of the article the relations of contemporary non-classical kinds of logic with natural sciences are discussed. A lot of attention is devoted to showing that in natural sciences, in physics, application of formal logic may also consist in suitable use of its language. Not only is the language of classical logical calculus involved here but the language of systems of non-classical logics as well, and especially of the ones which give the rules for correct use of functors connected with the following – crucial for natural sciences – terms: time, change, causal relationship.

Translated by Tadeusz Kartowicz

Słowa kluczowe: logika, filozofia logiki, metodologia, filozofia nauki, fizyka

Key words: logic, philosophy of logic, methodology, philosophy of science, physics