ROCZNIKI FILOZOFICZNE
Tom XXIII, zeszyt 3 — 1975

STANISŁAW KICZUK

# ZYGMUNTA ZAWIRSKIEGO KONCEPCJA LOGIKI MECHANIKI KWANTOWEJ *

Komunikat Zawirskiego dotyczący prób stosowania logik wielowartościowych we współczesnym przyrodoznawstwie, zamieszczony w „Sprawozdaniach Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk" (1931), zainicjował toczącą się do dnia dzisiejszego w literaturze filozoficzno-logicznej dyskusję na temat logiki mechaniki kwantowej.

Zawirski pierwszy zajął się systemami logik wielowartościowych, w których występują funkcje nie będące aktualnie prawdziwościowymi, aczkolwiek opierają się na funkcjach zakresowych. Był on również pionierem w podejściu probabilistycznym do logik wielowartościowych. W wielkiej monografii poświęconej tym logikom N. Rescher podkreśla, że dorobek naukowy Zawirskiego w tej dziedzinie jest o wiele mniej znany, niż na to zasługuje [1].

Treść tej pracy dotyczy możliwości stosowania w mikrofizyce logiki wielowartościowej traktowanej metrycznie. Nie będziemy natomiast zajmowali się zagadnieniami stosowalności w teoriach fizyki logiki wielowartościowej traktowanej topologicznie [2]. Zaprezentuje się system logiki wielowartościowej (Z) skonstruowany przez Zawirskiego dla mechaniki kwantowej. Podejmie się próbę odpowiedzi na następujące pytania: Co jest warunkiem stosowalności logiki wielowartościowej w mechanice kwantowej? Jaka jest wartość pomysłów Zawirskiego? Ukaże się skrótowo poglądy innych autorów dotyczące logiki mechaniki kwantowej. Pozwoli to na lepszą ocenę koncepcji Zawirskiego.

---

* Artykuł stanowi fragment większej pracy. Zawirski akcentuje głównie zasady nieoznaczoności, biorąc pod uwagę pary wielkości: położenie i pęd, czas i energia. Ponieważ zasada nieoznaczoności jest konsekwencją mechaniki kwantowej, i to o znaczeniu podstawowym (O. Oldenberg), dlatego użyto w tytule artykułu wyrażenia „mechanika kwantowa".

[1] Por. N. Rescher. *Many-valued Logic*. New York—St. Louis—San Francisco 1969 s. 188.

[2] Opracowaniu tego zagadnienia poświęcono oddzielną publikację. Zob. S. Kiczuk. *Stosowalność logik wielowartościowych w teoriach fizykalnych w ujęciu Z. Zawirskiego*. „Studia Philosophiae Christianae" 2:1974 s. 101-130.

## 1. WARUNKI STOSOWALNOŚCI LOGIKI WIELOWARTOŚCIOWEJ W MIKROFIZYCE

W fizyce pierwszych trzech 10-leci bieżącego stulecia dziwnymi i zagadkowymi sprawami dla Zawirskiego były formuły nieoznaczoności Heisenberga i orzeczenie fizyków, że wszystkie prawa przyrody, zwłaszcza prawa mikrofizyki, z wyjątkiem praw zachowania energii, są tylko prawami statystycznymi, prawdopodobnymi [3]. Zawirski szczególnie podkreśla ten moment, że zasady Heisenberga pokazują, iż niepewność co do położenia i pędu mikroobiektu może mieć różne stopnie. Zdania, w których chcemy zwięźle wyrazić współrzędne czasu i przestrzeni, składowe pędu i wielkości energii, nie są prawdziwe ani fałszywe, lecz można im przypisać różne stopnie prawdopodobieństwa.

Są więc, zdaniem Zawirskiego, w naukach fizykalnych wyrażenia o charakterze zdaniowym, które nie są prawdziwe ani fałszywe. Rozstrzygalność prawdopodobieństwowa jest dla wielu zagadnień ostatecznym sposobem ich rozwiązania [4]. Zawirski stwierdza, za H. Reichenbachem, że rozstrzygalność w logice dwuwartościowej to postulat, iż da się pomyśleć dający się zaobserwować stan faktyczny, który nadaje zdaniu atrybut prawdy lub fałszu. Odwołanie się do mechaniki kwantowej poucza, zaznacza Zawirski, że ten postulat jest zbyt rygorystyczny. Nie stosują się do niego wielkości fizykalne występujące w formułach Heisenberga. Formuły te muszą być interpretowane realistycznie. Nie są one wynikiem niedoskonałości zmysłów lub techniki pomiarów, lecz podstawy ich tkwią w samej naturze badanych procesów [5]. Zawirski dochodzi do wniosku, że różnym stopniom prawdopodobieństwa czy możliwości należy czasem przypisać znaczenie równorzędne z prawdą lub fałszem [6]. Ma to miejsce w mechanice kwantowej. Pewne zjawiska obserwowalne, wyrażane w zdaniach, są doświadczeniem decydującym o tym, że w dziedzinie rzeczywistości, której dotyczy mechanika kwantowa, logika dwuwartościowa nie wystarcza [7].

---

[3] Por. Z. Zawirski. *Les logiques nouvelles et le champ de leur application.* „Revue de Metaphysique et de Morale" 39:1932 s. 512, 516.

[4] *Stosunek logiki wielowartościowej do rachunku prawdopodobieństwa.* Poznań 1934 s. 14.

[5] Tenże. *W sprawie indeterminizmu fizyki kwantowej.* Lwów 1931 s. 26 n. Zawirski zinterpretował zasadę nieoznaczoności Heisenberga zgodnie z tym, co czytamy na ten temat w najnowszych publikacjach naukowych. Zob. np. O. Oldenberg. *Fizyka współczesna.* Warszawa 1970 s. 242 n. lub R. Feynmana *Wykłady z fizyki.* T. 1. Cz. 2. Warszawa 1969 s. 184.

[6] Wypowiedzi Zawirskiego nie wskazują na to, że odrzucał on klasyczną definicję prawdy. Czym innym jest sprawa definicji i właściwości tak pojętej prawdy, a czym innym zakres jej stosowalności w poznaniu ludzkim.

[7] Por. Zawirski. *Les logiques nouvelles* s. 516.

Trzeba zatem wskazać na już gotowy lub dopiero zbudować system logiki, który mógłby być stosowany w mechanice kwantowej. Autor dochodzi do wniosku, że system logiki dający się stosować w mechanice kwantowej jest systemem o nieskończonej liczbie wartości, ponieważ różne mogą być stopnie prawdopodobieństwa położenia i pędu mikrocząsteczki [8]. Aby wskazać system logiki, który należy stosować do mechaniki kwantowej, Zawirski przypomina dyskusję na temat subiektywnej i obiektywnej interpretacji rachunku prawdopodobieństwa. Podziela stanowisko A. A. Cournota, według którego nawet inteligencja suponowana przez P. S. Laplace'a nie będzie mogła obejść się bez rachunku prawdopodobieństwa. Fizyka współczesna przemawia na korzyść prawdopodobieństwa obiektywnego przynajmniej w pewnych działach zastosowania tego rachunku. A zatem rachunek prawdopodobieństwa ma obiektywną interpretację. Urasta on do rangi podstawowego narzędzia badań empirycznych. Warunkiem stosowalności systemu logiki wielowartościowej w mechanice kwantowej jest związanie, uzgodnienie systemu logiki z tym właśnie narzędziem badań empirycznych [10].

Zdaniem Zawirskiego J. Łukasiewicz i E. Post nie sprecyzowali dokładnie stosunku logiki wielowartościowej do rachunku prawdopodobieństwa i dlatego znaczenie jej dla poznania było niejasne [11]. Zawirski podjął to zadanie.

Zauważył on pewną analogię między systemami logik wielowartościowych a rachunkiem prawdopodobieństwa. Analogia z rachunkiem prawdopodobieństwa w logice Łukasiewicza znajduje swój wyraz w definicji negacji zdania oraz w zewnętrznej szacie symboli. Wartości logiczne przedstawia się za pomocą liczb wymiernych przedziału od 0 do 1, podobnie jak to czyni się w rachunku prawdopodobieństwa z różnymi stopniami prawdopodobieństwa. Zawirski stawia tezę, że rola tych liczb nie jest identyczna. W logice dwuwartościowej prawdę oznacza się przez 1, a fałsz przez 0. Znaki te nie oznaczają jednak liczb. Są to znaki konwencjonalne. Można oznaczyć prawdę przez 0 (tak uczynił D. Hilbert). Przyznanie w logice wielowartościowej symbolom 0, 1/n, 2/n, . . . , n/n rangi liczb nie przesądza tego, że rola ich musi być taka sama jak liczb w ra-

---

[8] Tamże s. 525.

[9] Por. Zawirski. *Stosunek logiki wielowartościowej* s. 10.

[10] Zgodność z doświadczeniem to najogólniej wyrażony przez Zawirskiego warunek stosowalności systemów logiki formalnej w przyrodoznawstwie. Zob. Kiczuk, jw.

[11] Por. Z. Zawirski. *Znaczenie logiki wielowartościowej dla poznania i związek jej z rachunkiem prawdopodobieństwa.* „Przegląd Filozoficzny" 37:1934 s. 394.

chunku prawdopodobieństwa [12]. Matematyk w liczbach wyraża miarę prawdopodobieństwa. Liczby w logice mogą być tylko wskaźnikami porządkowymi, a nie miarą tego, co się mierzy.

Zawirski uzgadniając rolę liczb w logice wielowartościowej i w rachunku prawdopodobieństwa korzysta z pomysłów Posta i Reichenbacha. Za tym drugim przyjmuje podział logik wielowartościowych na modalne (topologiczne) i metryczne. W logice modalnej liczby przyporządkowane różnym wartościom logicznym traktowane są jako wskaźniki porządkowe albo pełnią rolę czysto konwencjonalnych znaczków jakościowych, zaś w logice metrycznej są one traktowane jako wyraz miary.

Post zwrócił uwagę na to, że można każdemu zdaniu logiki wielowartościowej przyporządkować klasy zdań logiki dwuwartościowej, wyrażając w ten sposób założenia, na których opiera się pomiar prawdopodobieństwa. Zawirski zauważa, iż Post wskazując możliwość takiej interpretacji nie powiedział, kiedy takie założenia należy czynić. Dopiero Reichenbach stwierdził, że interpretacja zdań logiki wielowartościowej w duchu Posta jest konieczna, gdy chcemy przejść od topologicznego do metrycznego traktowania logiki [13]. Zawirski przypomina również, że Reichenbach jest autorem pomysłu, według którego klasy zdań logiki dwuwartościowej przyporządkowane zdaniom logiki wielowartościowej winny być tworzone ze zdań będących podstawieniami jednej funkcji zdaniowej od argumentu nazwowego [14]. Pomysły Posta i Reichenbacha są wystarczające, aby uzgodnić rolę liczb w logice n-wartościowej i w rachunku prawdopodobieństwa.

Aby więc logika n-wartościowa mogła być metryczna, trzeba zdania jej pojmować jako klasy (n—1) zdań logiki dwuwartościowej. Jeżeli wszystkie zdania dwuwartościowe są fałszywe, wówczas i zdanie logiki n-wartościowej jest fałszywe; jeżeli wszystkie są fałszywe z wyjątkiem jednego, wtedy zdanie logiki wielowartościowej otrzymuje wartość 1/n—1 itd.

Powyższe rozważania wskazują na sposób obliczania nowych wartości logicznych w rachunku prawdopodobieństwa, gdzie stopień prawdopodobieństwa odmierza się liczbą zdań prawdziwych przypadających na pew-

---

[12] Por. Zawirski. *Stosunek logiki wielowartościowej* s. 2.

[13] Jest to poszukiwane uzgodnienie roli liczby w logice i w rachunku prawdopodobieństwa.

[14] Jeżeli zdaniu *p* w logice pięciowartościowej przyporządkujemy klasę zdań powstałych z funkcji „X jest liczbą parzystą" (funkcja ufundowana) przez podstawienie za zmienną X elementów zbioru (2, 3, 5, 7), który nazwano fundamentem funkcji, to wartość zdania *p* będzie równa 1/4. Zmiana zbioru będącego fundamentem funkcji na zbiór (2, 4, 6, 7) spowoduje, przy tej samej funkcji ufundowanej, że wartość zdania *p* wynosić będzie 3/4.

ną liczbę zdań prawdziwych lub fałszywych. Kierowanie się interpretacją Posta umożliwia traktowanie logiki wielowartościowej jako logiki metrycznej, a przez to ściśle wiąże ją z tym narzędziem badań empirycznych, jakim jest rachunek prawdopodobieństwa. Tylko metryczne pojmowanie logiki wielowartościowej czyni z logiki system zdań sprawdzalnych. Takie jej traktowanie musi być wprowadzone, jeżeli ma być ona narzędziem badań empirycznych i znaleźć punkt oparcia w doświadczeniu [15]. Liczby będące miarą prawdopodobieństwa [16], występujące w logice wielowartościowej, są jedną z cech tej logiki, która pozwala ją stosować w mechanice kwantowej.

Dla Zawirskiego powiązanie logiki wielowartościowej z rachunkiem prawdopodobieństwa to uzgodnienie nie tylko roli występujących w nich liczb oraz symboli, ale również wzorów na sumę i iloczyn [17]. To zagadnienie musiał on podjąć, gdyż był zwolennikiem logicyzmu G. Fregego i B. Russella. Docenił też potrzebę logizacji pojęć matematyki.

## 2. SYSTEM LOGIKI NIESKOŃCZENIE WIELOWARTOŚCIOWEJ (Z)

W celu uzgodnienia logiki wielowartościowej z rachunkiem prawdopodobieństwa Zawirski wyszukuje w logice nowe wzory na sumę i iloczyn, którym przypisuje wielką doniosłość teoretyczną i niewielką wartość praktyczną. Na ich podstawie można dojść do wzorów arytmetycznych rachunku prawdopodobieństwa, zupełnie tak samo, jak autorzy *Principiów* (A. Whitehead i B. Russell) opierając się na logice dwuwartościowej dochodzą zwykłej arytmetyki [18]. Nowa logika ma być nowym sposobem ujęcia fundamentów rachunku prawdopodobieństwa.

Aby uzgodnić wzory na sumę i iloczyn logiki nieskończenie wielowartościowej z odpowiednimi wzorami rachunku prawdopodobieństwa, Zawirski uzgadnia najpierw trójwartościową logikę Łukasiewicza z rachun-

---

[15] Por. Z. Zawirski. *O stosunku logiki wielowartościowej do rachunku prawdopodobieństwa*. W: Pamiętnik XIV Zjazdu Lekarzy i Przyrodników Polskich w Poznaniu. Poznań 1933 s. 212.

[16] W rachunku prawdopodobieństwa i w logice prawda jako pewność, że tak, i fałsz jako pewność, że nie, występują jako wartości graniczne nieskończonego ciągu wartości.

[17] Przykład: Niech $P(A)=2/4$ i $P(B)=2/4$. Jeżeli $A=B$, to suma wartości prawdopodobieństwa tych zdarzeń wynosi 2/4. Jeżeli zdarzenie A wyklucza zdarzenie B, to suma wartości prawdopodobieństwa tych zdarzeń wynosi 1. Przy zdarzeniach krzyżujących się wartość sumy może wynosić 3/4. W logice wielowartościowej Łukasiewicza wartość sumy równa się wartości składnika większego, a wartość iloczynu wartości czynnika mniejszego.

[18] Por. Zawirski. *Les logiques nouvelles* s. 517.

kiem prawdopodobieństwa. To uzgodnienie logiki z rachunkiem czyni ją możliwą do zastosowania w mechanice kwantowej [19]. Autor przypomina, że terminami pierwotnymi w logice trójwartościowej Łukasiewicza są negacja i implikacja. Sumę logiczną można w logice dwuwartościowej zdefiniować dwojako:

$$\text{a) } p \vee q \overset{df}{=} (p \supset q) \supset q \qquad \text{b) } p \vee q \overset{df}{=} \sim p \supset q$$

Łukasiewicz dał pierwszeństwo pierwszej definicji, wskutek czego suma logiczna w wypadku, gdy p i q przybiera trzecią wartość logiczną 1/2, otrzymała wartość 1/2. Iloczyn logiczny, którego definicja zależy od definicji sumy, też otrzymał wartość 1/2. Natomiast w rachunku prawdopodobieństwa dla wypadków wykluczających się wartość sumy wynosiłaby 1. Zawirski zauważa, że wzory logiki trójwartościowej otrzymują tę samą wartość co wzory rachunku prawdopodobieństwa dla wypadków wykluczających się, jeżeli przyjmiemy dla sumy drugą z możliwych definicji: $p \vee q \overset{df}{=} \sim p \supset q$. Logikę używającą tej drugiej definicji Zawirski proponuje nazwać logiką $Ł_1$, a pierwszą $Ł_2$. W $Ł_1$ są zachowane (mówiąc językiem Zawirskiego) prawa niesprzeczności i wyłączonego środka [20]. W logice $Ł_1$ i $Ł_2$ odpada prawo zaprzeczające równoważności dwu zdań sprzecznych i inne z nim związane. Prawa niesprzeczności i wyłączonego środka muszą być respektowane w rachunku prawdopodobieństwa [21]. Dla uzgodnienia wzorów rachunku prawdopodobieństwa z logiką trójwartościową Łukasiewicza potrzebne są wzory logiki $Ł_1$ i $Ł_2$. Wzory logiki $Ł_2$ należy stosować — według Zawirskiego — wtedy, gdy wartości zdań łączone znakiem sumy lub iloczynu według tych wzorów dotyczą tego samego zdania (a więc gdy zachodzi tzw. nakrywanie się prawdopodobieństw).

Dla uzgodnienia wzorów logiki dowolnie wielowartościowej z rachunkiem prawdopodobieństwa nie wystarczają wzory logiki $Ł_1$ i $Ł_2$. Np. w logice siedmiowartościowej (dla $n = 6$) mamy tylko $3/6 + 3/6 = 6/6$ dla wypadków wykluczających się i $3/6 + 3/6 = 3/6$ dla wypadków pokrywających się, gdy tymczasem rachunek prawdopodobieństwa zna również wy-

[19] W dalszym ciągu nie wiadomo dokładnie, jaki to jest system logiki wielowartościowej i jakie stałe logiczne zawiera. Stanie się to jasne w dalszej części rozważań.

[20] Skrótowa dyskusja w sprawie obowiązywalności lub nieobowiązywalności praw niesprzeczności i wyłączonego środka w logikach wielowartościowych została przeprowadzona. Zob. Z. Kraszewski. *Logiki wielowartościowe a prawo niesprzeczności i wyłączonego środka*. W: *Fragmenty filozoficzne*. Warszawa 1967 s. 245-263. Seria 3 lub Kiczuk, jw.

[21] Por. Zawirski. *Stosunek logiki wielowartościowej* s. 21.

padki krzyżowania się, gdzie $3/6+3/6=4/6$ lub $3/6+3/6=5/6$. Trzeba więc wynaleźć tyle nowych funkcji logicznych, ile ich będą wymagały różne sposoby obliczania sum i iloczynów w rachunku prawdopodobieństwa.

Zawirski korzystał w tej pracy z pomysłów Posta dotyczących tworzenia nowych funkcji logicznych. Post wszystkie funkcje w teorii zdań dowolnie wielowartościowych wyprowadza z dwu stałych logicznych: alternatywy $(p \supset q) \supset q$ i negacji porządkowej malejącej[22]. Funkcją logiczną potrzebną Zawirskiemu w konstruowaniu systemu logiki nieskończeniewielowartościowej jest funkcja o jednej zmiennej zdaniowej, która dla wszystkich argumentów przybiera tę samą wartość: jest zawsze prawdziwa. Oto symboliczny zapis tej funkcji dla logiki siedmiowartościowej: $p \vee -p \vee -^{2} p \vee -^{3} p \vee -^{4} p \vee -^{5} p \vee -^{6} p$, gdzie „—" jest znakiem negacji cyklicznej Posta, „$-^{2}$" wskazuje, że symbol negacji cyklicznej należy dwa razy iterować. Podstawianie za *p* wartości 1/6, 2/6 itd. jako rezultat daje to, że jeden ze składników będzie oznaczał prawdę, dzięki czemu suma będzie zawsze prawdziwa. Logicy taką funkcję nazywają „verum *p*"[23].

Inną funkcją jednoargumentową wymyśloną przez Posta, a umiejętnie wykorzystaną przez Zawirskiego jest funkcja tego typu, iż jest ona fałszywa dla wszystkich wartości argumentu z wyjątkiem pierwszej (najwyższej). Dla pierwszej wartości argumentu wartość funkcji może być dowolna. Tę funkcję oznacza się grecką literą $\tau$. Jeżeli chcemy, aby wartość funkcji była równa wartości czwartego argumentu, licząc od wartości najwyższej, to definicja tej funkcji w logice siedmiowartościowej przybiera postać następującą:

$$\tau_4(p) = -^{6}\{-^{6}[- \,\mathrm{ver}\,(p) \vee p] \vee -^{4} p\}$$

Funkcję tę można przedstawić za pomocą następującej tablicy:

| p | $\tau_4(p)$ |
|---|---|
| 6/6 | 3/6 |
| 5/6 | 0 |
| 4/6 | 0 |
| 3/6 | 0 |
| 2/6 | 0 |
| 1/6 | 0 |
| 0 | 0 |

[22] Np. dla logiki siedmiowartościowej: $-(t_1=1)=(t_2=5/6), \ldots, -(t_7=0)=(t_1=1)$.

[23] Por. E. L. Post. *Introduction to a General Theory of Elementary Propositions*. W: *From Frege to Gödel*. Cambridge, Massachusetts 1967 s. 279.

Podstawiając do powyższego wzoru za *p* kolejno: 1, 5/6, . . . , 0 stwierdzamy, że tylko przy podstawieniu 1 otrzymamy wartość funkcji 3/6. Przy innych podstawieniach otrzymuje się 0.

Po zdefiniowaniu ver(p) i τ(p) Post podaje wzór służący do obliczenia wartości jakiejkolwiek funkcji o jednym argumencie. Dla Zawirskiego najciekawszą jest sprawa wyznaczenia wszystkich funkcji prawdziwościowych o dwu argumentach. Za Postem podaje wzór:

$$\tau_{\mu}\left(-^{m-m_1+1}p\right)\cdot\tau_{\mu}\left(-^{m-m_2+1}q\right)$$

μ jest wskaźnikiem wartości funkcji, którą chcemy uzyskać ze znanych argumentów. Np. jeśli chcemy otrzymać w logice siedmiowartościowej dla wartości argumentów p = 3/6 i q = 3/6 wartość alternatywy 5/6, wtedy wzór przybiera postać:

$$\tau_2\left(-^{7-4+1}3/6\right)\cdot\tau_2\left(-^{7-4+1}3/6\right)$$

Sprawa jednak nie przedstawia się tak prosto. Jeżeli usiłujemy zbudować, zgodnie z myślą Posta, jakąkolwiek funkcję dla logiki siedmiowartościowej, musimy utworzyć odpowiednie iloczyny dla każdego wiersza, zmieniając odpowiednio $m_1$ i $m_2$, a następnie logicznie je zsumować. W logice siedmiowartościowej otrzyma się 49 składników, z których każdy jest iloczynem. Każda wartość funkcji jest zdeterminowana przez sumę logiczną 49 wyrazów. Zawirski stwierdza, że wzór Posta służący do wyznaczenia wartości wszystkich funkcji prawdziwościowych o dwu argumentach (a więc i szukanie nowych funkcji alternatywy i koniunkcji dla logik więcej niż czterowartościowe) nie posiada żadnej wartości praktycznej ze względu na swoje skomplikowanie. Proponuje więc nowe sposoby skonstruowania funkcji logicznych, które pozwoliłyby uzgodnić wzory rachunku prawdopodobieństwa z logikami wielowartościowymi. Wykorzystuje przy tym swoje pomysły zastosowane przy uzgadnianiu wzorów rachunku prawdopodobieństwa z logiką trójwartościową Łukasiewicza. Zawirski znalazł tam osobne funktory logiczne dla każdego z dwu możliwych wypadków sumy i iloczynu w rachunku prawdopodobieństwa, z których każdy daje jeden wynik i zachowuje przez to pewien charakter prawdziwościowy. Poza tym funkcje $(p \supset q) \supset q$ i $\sim p \supset q$ zakładają ciągle tę samą definicję implikacji materialnej [24]. Zawirski poszukuje podobnego wyjścia i dla logik o większej liczbie wartości logicz-

[24] Symbol "∼" oznacza negację kardynalną (asymetryczną).

| p | 6/6 | 5/6 | 4/6 | 3/6 | 2/6 | 1/6 | 0 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ∼p | 0 | 1/6 | 2/6 | 3/6 | 4/6 | 5/6 | 1 |

nych. Dochodzi do wniosku, że najlepiej jest dla każdego z możliwych wypadków sumy i iloczynu arytmetycznego w rachunku prawodopodobieństwa znaleźć osobny logiczny funktor. Swoje pomysły prezentuje biorąc za przedmiot analiz przykładowo logikę siedmiowartościową i pięciowartościową. W pierwszej z nich brak jest 10 funktorów logicznych sumy, które byłyby odpowiednikami poniżej wypisanych sum z rachunku prawdopodobieństwa:

$$
\begin{array}{ll}
2/6+2/6=3/6 & \\
2/6+3/6=4/6 & \\
2/6+4/6=5/6 & \\
3/6+2/6=4/6 & \\
3/6+3/6=5/6 & 3/6+3/6=4/6 \\
3/6+4/6=5/6 & \\
4/6+2/6=5/6 & \\
4/6+3/6=5/6 & \\
4/6+4/6=5/6 &
\end{array}
$$

Poszukiwane funktory różnią się od alternatywy maksymalnej A max ($\sim p \supset q$) i alternatywy minimalnej A min o jedną lub dwie jednostki prawdopodobieństwa. Można dla 9 wierszy poszukiwany funktor wyrazić za pomocą wartości o 1/6 mniejszej od A max lub o 1/6 większej od A min oraz negacji porządkowej malejącej. Oto definicje w zapisie schematycznym:

$$
\begin{array}{l}
a \quad A_3 b \equiv -(\sim a \supset b) \\
a \quad A_3 b \equiv -^6 [(a \supset b) \supset b],
\end{array}
$$

gdzie 3 przy A oznacza trzecią alternatywę obok A max i A min.

Ostatnie uwagi dotyczą 9 ukazanych wyżej pozycji alternatywy. Wszystkie alternatywy w logice siedmiowartościowej mają tych pozycji 49. Każda funkcja logiczna musi być zdefiniowana dla wszystkich swoich możliwych wartości argumentów. Zawirski wprowadza specjalne symbole na oznaczenie alternatyw w poszczególnych logikach:

| | |
|---|---|
| w logice dwuwartościowej — | $A_2 = \text{Max } A_2 = \text{Min } A_2$ |
| w logice trójwartościowej — | Max $A_3$ i Min $A_3$ |
| w logice siedmiowartościowej — | Max $A_7$, Min $A_7$ |
| | Max$-1A_7$, Min$+1A_7$ |
| | Max$-2A_7$. |

Podając definicje alternatyw dla wszystkich możliwych wartości argumentów korzysta on ze wskazań Posta w tej dziedzinie dodając to, co sam zauważył w związku z zależnością między wartościami alternatyw szukanych i znanych. Z dorobku Posta bierze funkcję $\tau$, która jest funkcją o jednej zmiennej. Twierdzi przy tym, że można z niej korzystać konstruując funkcje prawdziwościowe o dwu zmiennych. Omawia to na przykładzie logiki pięciowartościowej. Szuka funktora postaci $\mathrm{Min}+1\ A_5$ lub $\mathrm{Max}-1\ A_5$, który różni się od $\mathrm{Min}\ A_5$ lub $\mathrm{Max}\ A_5$ tylko w tym wierszu, w którym suma ma wynosić 3/4, a nie 2/4, jak w $\mathrm{Min}\ A_5$, ani 4/4, jak w $\mathrm{Max}\ A_5$. Chodzi więc o odpowiedni funktor dla jednego wyrazu arytmetycznego, który w odpowiednio skonstruowanej tabeli (patrz tab. 1)[25] występuje w trzynastym wierszu. Potrzebną zmianę uzyskuje

Tab. 1

| | $p$ | $q$ | $p \supset q$ | $p \vee q = (p \supset q) \supset q$ | $p \wedge q$ | $p \vee q = \sim p \supset q$ | $p \wedge q$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $t_{25}$ | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $t_{24}$ | 0 | 1/4 | 1 | 1/4 | 0 | 1/4 | 0 |
| $t_{23}$ | 0 | 2/4 | 1 | 2/4 | 0 | 2/4 | 0 |
| $t_{22}$ | 0 | 3/4 | 1 | 3/4 | 0 | 3/4 | 0 |
| $t_{21}$ | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| $t_{20}$ | 1/4 | 0 | 3/4 | 1/4 | 0 | 1/4 | 0 |
| $t_{19}$ | 1/4 | 1/4 | 1 | 1/4 | 1/4 | 2/4 | 0 |
| $t_{18}$ | 1/4 | 2/4 | 1 | 2/4 | 1/4 | 3/4 | 0 |
| $t_{17}$ | 1/4 | 3/4 | 1 | 3/4 | 1/4 | 1 | 0 |
| $t_{16}$ | 1/4 | 1 | 1 | 1 | 1/4 | 1 | 1/4 |
| $t_{15}$ | 2/4 | 0 | 2/4 | 2/4 | 0 | 2/4 | 0 |
| $t_{14}$ | 2/4 | 1/4 | 3/4 | 2/4 | 1/4 | 3/4 | 0 |
| $t_{13}$ | 2/4 | 2/4 | 1 | 2/4 | 2/4 | 1 | 0 |
| $t_{12}$ | 2/4 | 3/4 | 1 | 3/4 | 2/4 | 1 | 1/4 |
| $t_{11}$ | 2/4 | 1 | 1 | 1 | 2/4 | 1 | 2/4 |
| $t_{10}$ | 3/4 | 0 | 1/4 | 3/4 | 0 | 3/4 | 0 |
| $t_{9}$ | 3/4 | 1/4 | 2/4 | 3/4 | 1/4 | 1 | 0 |
| $t_{8}$ | 3/4 | 2/4 | 3/4 | 3/4 | 2/4 | 1 | 1/4 |
| $t_{7}$ | 3/4 | 3/4 | 1 | 3/4 | 3/4 | 1 | 2/4 |
| $t_{6}$ | 3/4 | 1 | 1 | 1 | 3/4 | 1 | 3/4 |
| $t_{5}$ | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| $t_{4}$ | 1 | 1/4 | 1/4 | 1 | 1/4 | 1 | 1/4 |
| $t_{3}$ | 1 | 2/4 | 2/4 | 1 | 2/4 | 1 | 2/4 |
| $t_{2}$ | 1 | 3/4 | 3/4 | 1 | 3/4 | 1 | 3/4 |
| $t_{1}$ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

[25] Tabela została skonstruowana zgodnie z wymogami stawianymi przez Zawirskiego.

Zawirski przez dodanie do gotowej matrycy alternatywy minimalnej matrycę, która we wszystkich wierszach będzie zawierać 0 logiczne z wyjątkiem wiersza 13, gdzie do wartości 2/4 z drugiej kolumny dodaje się wartość 3/4. Zadanie to zostanie spełnione z chwilą obliczenia $\tau$ dla tego wiersza. Oto wzór na szukany funktor Min+1 $A_5$:

$$[(p \supset q) \supset q] \vee \tau_{10} \{ -^{13} [(p \supset q) \supset q] \}$$

Należy objaśnić, dlaczego wartość, o którą chodzi, została oznaczona przez $\tau_{10}$. Funkcja $\tau$ jest jednoargumentowa. Chcąc ją uczynić funkcją dwuargumentową Zawirski wpadł na pomysł przyporządkowania liczbom porządkowym $t_1, t_2, \ldots, t_{25}$ następujących par wartości argumentów logiki pięciowartościowej: $t_1=(1, 1)$, $t_2=(1, 3/4)$, $t_3=(1, 2/4)$, $t_4=(1, 1/4)$, $t_5=(1, 0)$, $t_6=(3/4, 1)$, $t_7=(3/4, 3/4))$, $t_8=(3/4, 2/4)$, $t_9=(3/4, 1/4)$, $t_{10}= =(3/4, 0)$, $t_{11}=(2/4, 1), \ldots\ldots\ldots\ldots, t_{25}=(0,0)$.

Wartość 3/4 została potraktowana jako para (3/4, 0). Funkcja może przybrać dowolną wartość dla najwyższej wartości argumentu. Wartość 2/4 trzynaście razy negowana ($-^{13}$) daje wartość 1, przy której $\tau$ może przybrać dowolną wartość. W naszym wypadku chodzi o wartość 3/4, która po uporządkowaniu par występuje jako dziesiąta. Z tego powodu $\tau$ otrzymało znaczek 10.

Zawirski dochodzi do wniosku, że potrafi funkcjom matematycznym z rachunku prawdopodobieństwa nadać charakter funkcji prawdziwościowych. Możliwe to jest jednak dzięki funkcji $\tau$, która dla wszystkich wartości argumentów zdaniowych w logice pięciowartościowej ma wartość 0, a tylko dla wartości $p=2/4$ i $q=2/4$ (odpowiednią ilość razy zanegowanych) ma wartość 3/4.

Zawirski charakteryzuje również próbę Reichenbacha z r. 1932, podjętą dla uzgodnienia wzorów rachunku prawdopodobieństwa i logiki wielowartościowej. Ocenia tę próbę jako wprowadzającą niepotrzebną komplikację do obliczania implikacji i równoważności, przez co te funkcje logiczne przybierają tyle wartości co suma i iloczyn.

A oto, co Zawirski pisze na temat swojego systemu: „Dlatego stworzyliśmy system logiki wielowartościowej, który posiada wszystkie korzyści systemu Reichenbacha, a jednocześnie unika — naszym zdaniem — jego stron ujemnych. Jako pojęcia podstawowe obraliśmy implikację Łukasiewicza i cykliczną negację Posta. I na podstawie wzorów podanych przez Posta wyprowadziliśmy tyle funkcji logicznych sumy i iloczynu, ile ich potrzebuje rachunek prawdopodobieństwa. Natomiast implikacja i równoważność zachowują u nas wartość stałą. Prawa sprzeczności i wyłączonego środka zachowują w naszym systemie swój walor, w przeciwieństwie do systemu Posta i Łukasiewicza" [26].

Miejscem aplikacji tego systemu logiki wielowartościowej, który oznaczamy symbolicznie literą Z, miał być dział fizyki, będący strefą wpływów nieoznaczoności Heisenberga. Jest to system wieloalternatywny i wielokoniunkcyjny. Zawirski potrafił nadać funkcjom matematycznym na sumę i iloczyn charakter funkcji logicznych. Zniknęła wieloznaczność funkcji logicznych. Każdy z możliwych wyników jest wartością innego funktora. Powstaje problem, kiedy i którego funktora alternatywy czy koniunkcji należy użyć.

Odpowiadając na to pytanie Zawirski odwołuje się do logiki dwuwartościowej i przypomina, że logika formalna nie rozstrzyga o tym, czy zdanie jest prawdziwe czy fałszywe. Kiedy jest jednak znana wartość logiczna zdań składowych, to można w logice dwuwartościowej, w oparciu o matryce, obliczyć wartość logiczną zdania złożonego za pomocą funktora alternatywy lub koniunkcji. W wielowartościowej logice Z jest nieco inaczej. Może się zdarzyć taka sytuacja, że wartość logiczna zdań prostych jest dana, a nie wiadomo, jaka jest wartość logiczna zdania złożonego dopóty, dopóki nie wiemy, którego funktora alternatywy lub koniunkcji należy użyć. O tym zaś, jakim funktorem należy się posłużyć, mówi nam — według Zawirskiego — metryczna interpretacja logiki wielowartościowej. Z chwilą gdy każdemu zdaniu logiki wielowartościowej przyporządkujemy klasy zdań logiki dwuwartościowej, stosunki między tymi klasami będą decydowały o wyborze funkcji logicznej. Zatem o wyborze funktora decyduje postawa empiryczna [27]. Tu właśnie (przy wyborze funktorów) ma być widoczne, jak metryczne pojmowanie logiki wielowartościowej czyni z niej system zdań sprawdzalnych.

Należy dodać, że dla Zawirskiego ważna jest uwaga Reichenbacha (o czym była mowa), że klasy zdań, które przyporządkowujemy zdaniom logiki wielowartościowej, powstają z jednej funkcji zdaniowej. Jeżeli się przy tym uwzględni fakt, że logika Z miała być logiką mechaniki kwantowej, to elementy fundamentu funkcji ufundowanej, z której powstaje klasa zdań, które z kolei przyporządkowuje się zdaniom logiki wielowartościowej, musiałyby być brane z danych eksperymentalnych, które opisuje i wyjaśnia mechanika kwantowa. Na tej podstawie ustalałoby się wartość logiczną zdań mechaniki kwantowej. I tak wartość logiczną zdania *p*, któremu przyporządkowuje się klasę zdań powstałych z funkcji „mikroobiekt znajduje się w punkcie $X_i$ przedziału (a, b) w danym układzie współrzędnych" [28], wyznaczałoby się czyniąc szczegółowe obserwacje

[26] Zawirski. *Znaczenie logiki wielowartościowej* s. 397.

[27] Por. tenże. *Stosunek logiki wielowartościowej* s. 65.

[28] Chodzi o współrzędne mikroobiektu na osi $x$ we wskazanym przedziale.

mikroobiektu przez różnych obserwatorów, używających różnych instrumentów pomiarowych [29]. Uzyskanie na przykład danych liczbowych, z których wszystkie byłyby wewnątrz przedziału (a, b), nadawałoby zdaniu *p* wartość logiczną 1. Gdyby tych danych było 6, to zdanie *p* należałoby do logiki siedmiowartościowej. Gdyby drugim zdaniem było zdanie *q*, któremu przyporządkowuje się klasę zdań powstałych z funkcji „mikroobiekt znajduje się w punkcie $X_j$ przedziału (c, d) w danym układzie współrzędnych" i uzyskane eksperymentalnie wartości fundamentu byłby identyczne z elementami fundamentu pierwszej funkcji, to dodając logicznie te zdania (tj. *p* i *q*) należałoby użyć alternatywy minimalnej logiki siedmiowartościowej.

Mogłoby się okazać, że uzyskamy na przykład 19 elementów fundamentu funkcji. Przy takim stanie rzeczy mielibyśmy do czynienia z logiką dwudziestowartościową. Należałoby wtedy wyznaczyć za pomocą funkcji $\tau$ logiczne operatory sumy i iloczynu dla logiki dwudziestowartościowej.

## 3. PRÓBA OCENY KONCEPCJI ZAWIRSKIEGO

Wszystko wskazuje na to, że logika Z jest skomplikowana i nieoperatywna. Jej twórca nie określił dokładnie relacji, jakie powinny zachodzić między zdaniami logik wielowartościowych a tzw. funkcjami ufundowanymi i fundamentami funkcji. Trudno jest zrozumieć, jak tezy logiki, gdzie funktorami logicznymi są funktory zdefiniowane za pomocą funkcji $\tau$, mają stać się twierdzeniami, które mówią o rzeczywistości „rzeczy najważniejsze". Nad stylem myślenia autora zaciążyły filozoficzne, logistyczne przekonania (wzory rachunku prawdopodobieństwa mają być dedukowalne z wzorów logiki wielowartościowej). Widocznie te przekonania filozoficzne uniemożliwiły mu właściwe widzenie „faktów" logicznych. Należy podkreślić, że logicyzm w latach trzydziestych miał wielu zwolenników. Na Ósmym Międzynarodowym Kongresie Filozoficznym w Pradze (1934) praca Zawirskiego była poddana ocenie. A. Tarski w dyskusji nad nią oświadczył, że powiązanie logiki wielowartościowej z rachunkiem prawdopodobieństwa nie wydaje się konieczne, niemniej jednak wykorzystanie tego w mechanice kwantowej pozostaje sprawą otwartą [30]. Łukasiewicz raczej pozytywnie ocenił próbę Zawirskiego. Zapowiedział bliższe rozpatrzenie tej kwestii. Trzeba jednak dodać, że w okresie

[29] Przykład dotyczy raczej eksperymentu myślowego niż faktycznie przeprowadzanego.

[30] Por. Z. Zawirski. *Sprawozdanie z Ósmego Międzynarodowego Kongresu Filozoficznego.* „Kwartalnik Filozoficzny" 12:1935 s. 195.

późniejszym nie ukazały się prace Łukasiewicza ani Tarskiego rozpatrujące związki rachunku prawdopodobieństwa z logiką wielowartościową.

Należy tu odnotować fakt, że w okresie powojennym wśród prac z zakresu logiki wielowartościowej ważne miejsce zajmują publikacje, w których systemy wielowartościowe buduje się z zamiarem wykorzystania ich dla pokonania szeregu filozoficznych i logicznych trudności mechaniki kwantowej. Autorzy tych prac nic nie mówią na temat uzgadniania wzorów na sumę i iloczyn w logice z odpowiednimi wzorami w rachunku prawdopodobieństwa jako warunku stosowania tych logik w mechanice kwantowej [31]. Nie ma również mowy o potrzebie wprowadzania metrycznego traktowania logiki wielowartościowej, być może, z tego powodu, że prezentowane systemy logik są tylko trójwartościowe. Niemniej jednak Destouches-Février ukazuje, że konstrukcja jej logiki jest podyktowana przez doświadczenie [32]. System trójwartościowy logiki dopełnienia pokazuje, że doświadczenie może zadecydować o wyborze logiki, bez potrzeby uzgadniania wzorów systemu logiki z rachunkiem prawdopodobieństwa.

Przekonanie o potrzebie uzgadniania wzorów logiki z wzorami rachunku doprowadziło do powstania systemu logiki wielowartościowej Z, który jest systemem wielokoniunkcyjnym i wieloalternatywnym. Aby móc ocenić system logiki skonstruowany dla potrzeb mechaniki kwantowej, zwracając uwagę na występujące w nim funktory logiczne, zachodzi potrzeba przedstawienia jako tła poglądów nowszych autorów w zasygnalizowanej problematyce. Zaczniemy od Reichenbacha. Charakterystyczną cechą jego systemu logiki trójwartościowej (1948) jest występowanie w nim trzech implikacji. Wszystkie one spełniają następujące wymogi: są uogólnieniami implikacji materialnej logiki dwuwartościowej, matryce ich zawierają w sobie matryce implikacji dwuwartościowej.

Jest rzeczą ciekawą, dlaczego Reichenbach uogólnił implikację, a nie inny z funktorów dwuargumentowych logiki klasycznej. Wszak system Zawirskiego (znany Reichenbachowi), zbudowany dla tych samych celów, był wieloalternatywny i wielokoniunkcyjny. Według Reichenbacha implikacja materialna logiki dwuwartościowej koresponduje tylko do pewnego stopnia z implikacją języka potocznego [33]. Nie widzi natomiast potrzeby wprowadzania większej liczby koniunkcji i alternatyw. Nowe funktory w logikach więcej niż dwuwartościowe zjawiają się więc w wy-

---

[31] Według Zawirskiego uzgodnienie wzorów logiki z wzorami rachunku prawdopodobieństwa jest już częściowym uzgodnieniem logiki z doświadczeniem.

[32] Por. P. Destouches-Février. *La structure des théories physiques*. Paris 1951 s. 14, 88.

[33] Por. H. Reichenbach. *Philosophic Foundations of Quantum Mechanics*. Berkeley—Los Angelos 1948 s. 148.

niku uogólnienia funktorów logiki dwuwartościowej, o ile te uogólnienia dają się zinterpretować zgodnie z intuicjami języka potocznego.

Inaczej sprawa przedstawia się u Zawirskiego. Budując swój system logiki wielowartościowej nie liczył się on z intuicjami języka potocznego, chociaż teoretycznie głosił, że logika formalna ma być teorią spójników, teorią wyrażeń wspólnych wszystkim naukom [34]. Nie dbał o to, czy funktory jego logiki mają jakieś odpowiedniki w języku faktycznie rozwijanego systemu mechaniki kwantowej. Zbudował teorię spójników sztucznie skonstruowanych.

W literaturze logicznej nie wiele mówi się o tym, że alternatywa i koniunkcja logiki dwuwartościowej tylko do pewnego stopnia korespondują z alternatywą i koniunkcją języka potocznego. Można wprawdzie powiedzieć, że żaden funktor prawdziwościowy nie jest właściwie równoznaczny z odpowiadającym mu funktorem języka potocznego. Nawet funktor koniunkcji nie jest używany w logice ściśle w takim znaczeniu, jak „i" w języku potocznym, w którym pełni rolę funktora prawdziwościowego i nieprawdziwościowego (łączy zdania prawdziwe, ale zawsze i tylko wtedy, gdy treści tych zdań mają między sobą jakiś związek). Największe jednak zastrzeżenia budzi zawsze implikacja. Trzeba dodać, że sam Zawirski w kilka lat po zbudowaniu swojego systemu logiki wielowartościowej wspomniał o potrzebie [35]. W r. 1936 utrzymywał jednak nadal, że logika wielowartościowa mechaniki kwantowej powinna być zgodna z rachunkiem prawdopodobieństwa, ale nie wiele ma mieć wspólnego z logiką Łukasiewicza. Prawdopodobnie autor miał na myśli system logiki wielokoniunkcyjnej, wieloalternatywnej i wieloimplikacyjnej.

Kończąc dyskusję na temat nowych funktorów koniunkcji i alternatywy w systemie logiki Z należy podkreślić, że nauki logiczne, łącznie z logiką formalną, dotyczą poznania, o ile jest ono wyrażalne językowo [36]. Logika formalna, jako teoria związków formalnych między myślami, powinna być teorią takich funktorów, które mają odpowiedniki w języku naturalnym i w językach nauk oraz wartości tych funktorów można przedstawić za pomocą nieskomplikowanych matryc. Trzeba również zaakcentować ten moment, że w genezie logiki jest zawsze coś z ujęcia struktury lub dynamiki świata realnego [37]. Nie musi to jednak oznaczać, że w pewnej dziedzinie rzeczywistości empirycznej obowiązują pewne

---

[34] Języki nauk nieformalnych bazują na języku potocznym. Zob. B. S t a n o s z. *Problemy definicji prawdy dla języka naturalnego.* „Studia Filozoficzne" 5:1971/72 s. 83 n.; A. A. Z i n o w i e w. *Łogika nauki.* Moskwa 1971 s. 9 n.

[35] *Über die Anwendung der mehrwertigen Logik in der empirischen Wissenschaft.* „Erkenntnis" 6:1936 s. 435.

[36] Por. A. B. S t ę p i e ń. *Teoria poznania.* Lublin 1971 s. 64.

[37] Por. S. K a m i ń s k i. *Pojęcie nauki i klasyfikacja nauk.* Lublin 1970 s. 255.

prawa logiczne, a w innej zaprzeczenia. Nie musi to też oznaczać, że są prawa logiki właściwe tylko mikrofizyce [38]. Wydaje się również, że przy budowaniu systemów logik wielowartościowych, przy ustalaniu wartości funktorów tych logik, trudno jest wyeliminować wpływ wszelkiej filozofii (ontologii) [39]. Trzeba jeszcze dodać, iż obecnie utrzymuje się (wbrew logicyzmowi lat trzydziestych), że nie zachodzi potrzeba ograniczania się do bazy logicznej przy budowaniu matematyki, a co za tym idzie, nie ma konieczności uzgadniania wzorów logiki wielowartościowej z wzorami rachunku prawdopodobieństwa. Należy podkreślić również to, że uzgodnienie wzorów na sumę i iloczyn rachunku prawdopodobieństwa z odpowiednimi wzorami wielowartościowej logiki mechaniki kwantowej przestało być aktualne w okresie powojennym z tego względu, iż dla mechaniki kwantowej buduje się logiki trójwartościowe. Uznaje się, że wartości pojedynczych wielkości, należące do par komplementarnych, można określać z różnym stopniem prawdopodobieństwa. Wyżej wspomniani powojenni twórcy logiki dla mechaniki kwantowej wzięli jednak pod uwagę to, że jeżeli jedna z tych wielkości jest wyznaczona dokładnie, to druga staje się nieokreślona. Fakt ten prowadził do logiki trójwartościowej, a nie do logik nieskończeniewielowartościowych [40].

---

[38] Por. K i c z u k, jw. s. 121-130.

[39] Por. P. K i j k o w s k i. *O pewnym nie Łukasiewiczowym rachunku zdań.* „Studia Filozoficzne" 1974 nr 1 (74) s. 172, 178, 185.

[40] Chociaż system logiki Z, skonstruowany dla mechaniki kwantowej, jest systemem skomplikowanym, niedopracowanym, to jednak pomysły Zawirskiego związane z posługiwaniem się funkcją $\tau$ mają wartość dla samej logiki formalnej, w której chodzi m. in. o wykazanie możliwych związków między relacjami interesującymi logika. Korzystając z propozycji Zawirskiego można próbować zdefiniować alternatywę logiki $Ł_1$ za pomocą alternatywy logiki $Ł_2$.

Ustalamy następującą kolejność wartości logicznych argumentu: 1, 1/2, 0 oraz następujący układ wartości logicznych dwóch argumentów:

| | | |
|---|---|---|
| $t_1=(1, 1)$ | $t_2=(1, 1/2)$ | $t_3=(1, 0)$ |
| $t_4=(1/2, 1)$ | $t_5=(1/2, 1/2)$ | $t_6=(1/2, 0)$ |
| $t_7=(0, 1)$ | $t_8=(0, 1/2)$ | $t_9=(0, 0)$ |

Na podstawie powyższych ustaleń poszukiwana definicja może przybrać postać:

$$\sim p \supset q \overset{df}{=} \{[(p \supset q) \supset q] \vee \tau_3[-^3(p \supset q) \supset q]\}$$

Na pierwszy rzut oka wydaje się, że definicja jest poprawna. Przy sprawdzaniu jednak okazuje się, że przebieg wartości logicznych lewej strony definicji nie zgadza się z przebiegiem wartości prawej strony wypadku, gdy $p$ przybiera wartość 1/2, a $q$ wartość 0 oraz gdy $p$ przybiera wartość 0, a $q$ wartość 1/2.

Nadanie definicji nieco innej postaci, a mianowicie:

$$\sim p \supset q \overset{df}{=} \{[(p \supset q) \supset q] \vee \tau_3[-(p \supset q \supset )q]\}$$

W dotychczasowej dyskusji, usiłującej ocenić w różnych aspektach system logiki wielowartościowej Z skonstruowany przez Zawirskiego, z konieczności trzeba było odwoływać się do ujęć nowszych autorów, którzy również tworzyli systemy logik wielowartościowych dla mechaniki kwantowej. Była to jednak raczej krytyka wewnętrzna. Dyskusji jednak nie można na tym zakończyć. Problem logiki mechaniki kwantowej jest we współczesnej literaturze znacznie bardziej złożony, niż to wynikało z dotychczasowych przedstawień. Dla dopełnienia tła, na którym można ostrzej dojrzeć i lepiej ocenić dorobek Zawirskiego, należy jeszcze skrótowo przedstawić dwa reprezentatywne ujęcia zagadnienia logiki mechaniki kwantowej, a mianowicie pogląd P. Suppesa i uwagi A. A. Zinowiewa.

Suppes zaznacza, że dyskusja wokół logiki mechaniki kwantowej to nie wyzwanie dla determinizmu jako tezy filozoficznej, ale wyzwanie dla rachunku prawdopodobieństwa i współczesnej statystyki matematycznej jako uniwersalnej metody nauk empirycznych. W odczytaniu relacji nieoznaczoności idzie Suppes po myśli Zawirskiego (chociaż nie powołuje się na polskiego autora), mówiąc o „pośrednich przypadkach", kiedy ani położenie, ani pęd mikrocząsteczki nie są ściśle określone [41].

W naukach empirycznych, do których aplikowany jest rachunek prawdopodobieństwa jako dyscyplina matematyczna, istnieje logika tylko tych zdarzeń albo zdań, dla których zostało ustalone prawdopodobieństwo. Nie jest to logika jakościowych wypowiedzi. W klasycznych zastosowaniach teorii prawdopodobieństwa tą logiką zdarzeń jest algebra Boole'à [42]. W wypadku mechaniki kwantowej prawdopodobieństwo może być wyznaczone dla takich zdarzeń, jak położenie w pewnym przedziale albo pęd w pewnych granicach w danym czasie *t*. Prawdopodobieństwo koniunkcji dwu takich zdarzeń nie istnieje. Stąd wniosek autora, że logika mechaniki kwantowej, i odpowiadająca jej algebra zdarzeń, nie jest algebrą Boole'à, bo ta ostatnia jest zamknięta ze względu na koniunkcję (jeżeli

---

sprawia, że przebieg wartości lewej strony definicji nie zgadza się z przebiegiem wartości prawej strony wtedy, gdy *p* i *q* przybierają wartość 1/2.

Nie da się zdefiniować jednej alternatywy za pomocą drugiej z udziałem funkcji τ i innych precyzyjnych narzędzi logicznych zaproponowanych przez Zawirskiego. Ale wynik przeprowadzonej w ten sposób analizy pokazuje, iż w logice dwuwartościowej i trójwartościowej (wielowartościowej) ma się do czynienia z innymi operatorami logicznymi alternatywy i koniunkcji, czego nie dostrzegł wyraźnie Zawirski. Zob. dyskusja na ten temat: K i c z u k, jw. s. 121-128.

[41] *The Role of Probability in Quantum Mechanics*. W: *Studies in the Methodology and Foundations of Science*. Dordrecht-Holland 1969 s. 228.

[42] Por. T e n ż e. *The Probabilistic Argument for a Nonclassical Logic of Quantum Mechanics*. Tamże s. 244. Algebra Boole'a ma interpretację w rachunku prawdopodobieństwa.

mamy prawdopodobieństwo poszczególnych zdarzeń, to można obliczyć prawdopodobieństwo powstałe z ich pomnożenia)[43]. Logika mechaniki kwantowej jest więc logiką nieklasyczną[44]. Suppes nie ogranicza się jednak do tego stwierdzenia, ale podaje (model) strukturę (U=(A,<,', 1)), która według niego jest algebrą zdarzeń mechaniki kwantowej. Charakteryzuje ją za pomocą układu aksjomatów. Ta algebra jest przeznaczona do wyrażenia logiki kwantowo-mechanicznego prawdopodobieństwa. Autor nie wyjaśnia jednak, dlaczego scharakteryzowana przez niego algebra jest przeznaczona ściśle do wyrażenia wspomnianej logiki mechaniki kwantowej.

Należy podkreślić, że Suppes proponując nową teorię matematyczną detronizuje niejako klasyczny rachunek prawdopodobieństwa. Proponuje w gruncie rzeczy nową teorię prawdopodobieństwa mechaniki kwantowej. Ogólnie można powiedzieć, że pozostaje on w nurcie myślowym zapoczątkowanym przez Zawirskiego, a kontynuowanym z dużymi modyfikacjami przez Destouches-Février i innych.

We współczesnych publikacjach naukowych dotyczących omawianego zagadnienia są wypowiedzi o treści diametralnie różnej od ujęć dotychczas prezentowanych. Przykładem mogą być niektóre prace Zinowiewa.

Radziecki autor jest zdania, że nie ma osobnej logiki mikroświata. Trójwartościowość wypowiedzi nie jest właściwa wyłącznie mikrofizyce[45]. Idee logiki wielowartościowej były znane przed pojawieniem się mechaniki kwantowej. Gdyby potrzeba trzeciej wartości logicznej zjawiła się tylko w mikrofizyce, ta byłaby bodźcem do opracowania logiki trójwartościowej, której prawa byłyby tak samo uniwersalne, jak prawa logiki dwuwartościowej, niezależnie od tego, czy zachodzi potrzeba ich zastosowania czy nie. Wypowiedzi dopełniające się nie są również, według Zinowiewa, wyłącznością mikrofizyki. Nawet gdyby tak było, nie spowodowałyby one przewrotu w sposobach rozumowania. Prawa rozumowania w danej dziedzinie nauki nie zależą od tego, ile wartości prawdziwościowych można przypisać zdaniom. W rozumowaniach bierze się pod uwagę tylko strukturę wypowiedzi — obecność w nich określonych operatorów logicznych oraz rozłożenie terminów, zdań i funktorów w przesłankach rozumowania. Prawdziwość wypowiedzi uwzględnia się tylko

---

[43] Tamże s. 244.

[44] Wśród najnowszych publikacji radzieckich można również spotkać analogiczne wypowiedzi. Logika mechaniki kwantowej zajmuje się tzw. zdaniami dopełniającymi się. W związku z tym występuje w niej konieczność zwracania się do empirycznej rzeczywistości, co jest niepoprawne z punktu widzenia logiki klasycznej. Por. N. M. Rożenko. *Łogiczieskije problemy kwantowoj miechaniki.* W: *Fiziczieskaja nauka i fiłosofija.* Moskwa 1973 s. 233-239.

[45] Por. Zinowiew, jw. s. 265.

po to, żeby przyjąć wnioski, jeżeli przyjmuje się przesłanki, albo żeby odrzucić przesłanki, jeżeli wnioski okażą się nie do przyjęcia. Przy tym wystarczy, według Zinowiewa, operować jedną tylko wartością — prawdę i jej zaprzeczeniem, zaliczając wszystkie wartości logiczne różne od prawdy do klasy nieprawdziwych. Jeżeli przesłanką będzie wypowiedź nieokreślona, to nie wpłynie to na logiczną strukturę rozumowań. Wypowiedź ta będzie zaliczona do klasy wypowiedzi, których nie można przyjąć za prawdziwe (fakt nie mający związku z prawami logiki). Zinowiew dochodzi do wniosku, że wykorzystanie trójwartościowej logiki w mechanice kwantowej nie jest czymś koniecznym. Twierdzi, że dowolna sytuacja w nauce może być opisana w logice dwuwartościowej, jeżeli można ją opisać w logice wielowartościowej. Zastosowanie logiki wielowartościowej może tylko uprościć albo nieco zmienić formę opisu, ale nie jego istotę. Ostatnie zdanie radziecki autor ilustruje przykładem dotyczącym dopełniających się wypowiedzi. Jeżeli więc X i Y są zdaniami dopełniającymi się, to (X · Y) w logice dwuwartościowej jest fałszywe. W logice trójwartościowej natomiast koniunkcja (X · Y) będzie nieokreślona. Ta różnica z punktu widzenia rozumowań nie odgrywa roli. Wypowiedź nieokreślona nie jest wypowiedzią prawdziwą i wynikających z niej następstw nie można przyjmować za prawdziwe. Zinowiew dochodzi do konkluzji, że ani analiza natury praw logiki, ani analiza konkretnej sytuacji logicznej w mikrofizyce, ani analiza znanych systemów logik wielowartościowych nie przemawiają za osobną logiką mikrofizyki, różną od logiki makroświata. Nie oznacza to jednak, że należy odrzucić opracowywanie wielowartościowych systemów logicznych i badanie różnego rodzaju ograniczeń logiki klasycznej. To wszystko może być pożyteczne w analizie języka mikrofizyki. Niemniej nie wskazuje na konieczność osobnej logiki mikroświata, różnej od logiki nauk, badających makroświat [46].

Wydaje się, że rezultaty badań dotyczące logiki mikroświata zaprezentowane przez Zinowiewa ukazują najwłaściwszy kierunek poszukiwań. Jego zdaniem nie ma odrębnej logiki mikrofizyki. Trzeba jednak dodać, że klasyczna logika, którą wielu wspomnianych w artykule autorów nazywa logiką makrofizyki, nie jest wystarczająca w teoriach fizyki klasycznej [47]. Logika ma formalizować rozumowania faktycznie w naukach występujące. Logika matematyczna formalizowała głównie rozumowania występujące w matematyce. Struktura zdań występujących w teoriach matematycznych jest uboga w porównaniu ze strukturą zdań języka po-

---

[46] Tamże s. 271.

[47] Por. M. Bunge. *O przyczynowości.* Tłum. S. Amsterdamski. Warszawa 1968 s. 296.

tocznego. Nie można wprawdzie powiedzieć, że język matematyki w ogóle nie zazębia się z językiem potocznym, jednak język nauk przyrodniczych bazuje na języku potocznym w większym stopniu niż język matematyki. Potrzebna jest logika, która poda teorię form rozumowań w naukach fizykalnych. Klasyczna logika dwuwartościowa jest tylko przewodnikiem po języku tych nauk, a nie dokładną kopią tego obszaru językowego. Nie spełnią tego zadania aktualnie znane systemy logik wielowartościowych.

Należy przypuszczać, że rozwiązanie problemu logiki mechaniki kwantowej nie pójdzie po myśli Łukasiewicza, Zawirskiego czy Reschera [48], którzy mówią tylko o logikach wielowartościowych, jako alternatywnych w stosunku do logiki klasycznej. Wydaje się, że w formalizowaniu rozumowań faktycznie występujących w naukach wielką rolę odegrają pewne działy tzw. logik filozoficznych. Rzeczywistość językowa może wymagać innej, bogatszej logiki niż zakresowa.

Nie jest wykluczone, że wiele nieporozumień w dyskusji toczącej się wokół logiki mechaniki kwantowej wynika stąd, iż nie jest wyczerpująco omawiany problem języka fizyki. To z kolei rzutuje na zagadnienie stosowalności matematyki i logiki w fizyce.

## Z. ZAWIRSKI'S CONCEPTION OF THE LOGIC OF QUANTUM MECHANICS

### Summary

Zawirski was a pioneer of the probabilistic approach to the many-valued logics. Here are presented in a precise way Zawirski's ideas concerning the conditions of application of many-valued logics. It has been stressed, that Zawirski had built the system of many-valued logic Z which was to be the system of the quantum mechanics logic. He "agreed" the system with the calculus of probabilities meant as a "tool" to the empiric studies. In this system the mathematical functions on the sum and product of calculus of probabilities have logic function character. Giving credit to Zawirski trial, the other authors' ideas concerning the quantum mechanics logic have been presented. It has been pointed out that any sytuation in microphysics that can be described by many-valued logic can also be described in two-valued logic. The author underlines that Zawirski, in agreeing of the theorems of calculus of propabilities on sum and product with the theorems of his many-valued logic system, has shown a great invention in using the $\tau$ function. This idea can always be used in the formal logic. It has been presumed, that in the formalization of the reasonings really existent in sciences, the important role can have certain parts of so called "philosophical logics".

[48] Por. R e s c h e r, jw. s. 213-235.