

STANISŁAW KICZUK

O PEWNEJ PRÓBIE PRZEZWYCIEŻENIA KAUZALNYCH ANOMALII W MECHANICE KWANTOWEJ

Teorią rodzącą wiele problemów w filozofii nauki jest mechanika kwantowa. W okresie ostatnich czterdziestu lat zbudowano szereg systemów logik wielowartościowych z zamiarem wykorzystania ich dla pokonania różnych trudności logicznych wymienionej teorii fizycznej. Pionierskie w tym względzie były prace H. Reichenbacha, który głosił odmienną logikę mikroświata w stosunku do makroświata. Wypada poddać chociaż krótkiej analizie system logiki trójwartościowej przez niego skonstruowany, ale ze zwróceniem szczególnej uwagi na pomysły amerykańskiego logika dotyczące przezwyciężenia kauzalnych anomalii mechaniki kwantowej za pomocą nowej logiki. W drugiej części tej pracy podejmie się pewną próbę oceny ujęć Reichenbacha, uwzględniając przy tym dorobek innych autorów.

1. H. Reichenbach interesował się różnymi interpretacjami mechaniki kwantowej¹. Zwracał usilnie uwagę na paradoksy tłumaczenia korpuskularnego i falowego. Podkreślał, że wykorzystanie pierwszej interpretacji pozwala wyjaśnić pewne eksperymenty z zachowaniem jedności praw zjawisk i interzjawisk (*interphenomena*)². Ten rodzaj wyjaśniania zastosowany do innych eksperymentów doprowadza do powstania anomalii. Reichenbach analizuje problem, czy możliwe jest tłumaczenie mechaniki kwantowej wolne od paradoksów, które mogą być zredukowane do kauzalnych anomalii. Przy okazji tej analizy wprowadza podział możliwych interpretacji na ograniczone (*restrictive*) i wyczerpujące (*exhaustive*). W interpretacjach pierwszego rodzaju dąży się do tego, aby wyrażenia kwantowej mechaniki dotyczyły tylko zjawisk, a nie interzjawisk. Tego ograniczenia nie przyjmuje się w wypadku drugim.

¹ *Philosophic Foundations of Quantum Mechanics*. Berkeley—Los Angeles 1948 s. 32—45, 11—116.

² Por. tamże s. 21.

Amerykański autor szczególnie uwagę zwraca na interpretację, której idee były rozwijane przez N. Bohra i W. Heisenberga. Według ujęć tych autorów z dwu wypowiedzi komplementarnych co najwyżej jedna jest znacząca, druga zaś bez sensu. Pozbawionymi sensu są również wyrażenia o wartościach niemierzonych wielkości³. Tego typu wyrażenia muszą pozostać w języku fizyki. W celu uniknięcia niepożądanych konsekwencji należy, zdaniem Reichenbacha, posłużyć się taką interpretacją, która nie pozbawia sensu takich wyrażen, ale wyklucza je z klasy wyrażen akceptowalnych⁴. Amerykański autor uważa, że zadanie to może spełnić odpowiednia logika trójwartościowa.

W systemie logicznym, który skonstruował Reichenbach dla teorii kwantów, trzecią wartość nazwał nieokreślonością. Tę wartość usiłował przypisać niektórym wyrażeniom mechaniki kwantowej. Język swego systemu formalnego uważał za neutralny wobec wymienionych wyżej interpretacji: korpuskularnej i falowej. Metajęzyk logiki Reichenbacha jest dwuwartościowy. Liczba funktorów w tym systemie jest większa niż w logice dwuwartościowej. Wprowadza trzy rodzaje negacji: cykliczną, diametralną i pełną oraz trzy implikacje i dwa rodzaje równoważności⁵. Dąży do tego, aby matryce funktorów logiki wielowartościowej zawierały w sobie odpowiednie matryce logiki dwuwartościowej. Za tezy swej logiki trójwartościowej Reichenbach uznaje takie wyrażenia zdaniowe, które przyjmują wartość wyróżnioną T dla dowolnych wartości argumentów.

Za pomocą wprowadzonych funktorów amerykański autor buduje obok wyrażen zawsze prawdziwych (tautologii) wyrażenia zawsze fałszywe oraz wyrażenia typu zdaniowego mogące przybierać wszystkie trzy wartości logiczne. Szczególne zainteresowania Reichenbacha wzbudzają wyrażenia będące prawdziwymi albo fałszywymi, gdy zdania składowe przyporządkowane zmiennym są prawdziwe, fałszywe i nieokreślone. Ze szczególną uwagą analizuje autor problemy syntaktyczne związane z zasadą komplementarności⁶. Struktura formalna tej zasady może być ukazana w języku nowej logiki⁷. Głównym funktorem takiej formuły jest implikacja alternatywna. Zdaniem Reichenbacha zasada komplementarności, chociaż do-

³ Nie można takiej interpretacji traktować jako wyczerpującej.

⁴ Tego typu zdania można łączyć z innymi twierdzeniami mechaniki kwantowej za pomocą funktorów logicznych. Takie połączenia, zdaniem Reichenbacha, nie stwarzają żadnych niebezpieczeństw, ponieważ nie mogą być użyte do wyprowadzenia niepożądanych konsekwencji.

⁵ Funktory zdaniotwórcze od argumentów zdaniowych Reichenbach wprowadza za pomocą tabel prawdziwościowych (tab. 1 i 2 na s. 64).

⁶ Merytorycznie rzecz biorąc treść zasady komplementarności Bohra pokrywa się z treścią zasady nieoznaczoności Heisenberga. Druga zasada jest ujęta w języku ilościowym. Zob. J. R a y s k i. *Czas, przestrzeń, kwanty*. Warszawa 1964 s. 114.

⁷ Proponowane przez Reichenbacha odczytanie w języku potocznym odpowiedniej formuły — zapisanej symbolicznie, a służącej do przedstawienia tej zasady — budzi szereg zastrzeżeń.

tyczy wszystkich trzech wartości logicznych, jest wyrażeniem, które jako całość może być prawdziwe albo fałszywe. Mechanika kwantowa traktuje ją jako wyrażenie prawdziwe.

Jedną z idei wiodących poszukiwań Reichenbacha jest dążenie do tego, aby prawa mechaniki kwantowej znalazły się w klasie wyrażań, które mogą być prawdziwe albo fałszywe jako zdania złożone, podczas gdy odpowiednie zdania składowe mogą przybierać wszystkie trzy wartości logiczne. Rekonstruując poglądy amerykańskiego logika można wskazać jeszcze jego drugie kryterium adekwatności interpretacji mechaniki kwantowej za pomocą logiki trójwartościowej. Zmierzał on mianowicie do tego, aby skonstruować język sztuczny tego typu, iż w tym języku zrekonstruowane wyrażenia stwierdzające kauzalne anomalie⁸ nie powinny mieć wartości logicznej „prawdy”. Aby to wykazać swoje wywody rozpoczął od zwrócenia uwagi na różnice zachodzące między logiką dwuwartościową i skonstruowaną przez siebie logiką trójwartościową. Zwrócił m. in. uwagę, że nie można w logice trójwartościowej wnioskować generalnie o tym, że w prawdziwej formule

⁸ Kauzalnymi anomaliami w mechanice kwantowej są takie fakty, które zaprzeczają rzekomo niektórym zasadom makrofizyki. Tak jest na przykład wtedy, gdy ze źródła A (np. działo elektronowe) promieniowanie przechodzi przez szczelinę B w przyrodzie i pada na ekran, dając obraz interferencyjny. Skrótowo przedstawiony eksperyment może być interpretowany falowo i korpuskularnie. Przy interpretacji falowej nie pojawiają się żadne trudności dopóty, dopóki rozważamy rezultaty doświadczenia trwającego przez pewien czas, uzyskane na przykład na kliszy fotograficznej. Jeżeli klisza zostanie zastąpiona przez licznik Geigera, odkrywa się, że mamy do czynienia z procesem nieciągłym. Ponadto „grudki”, które docierają do liczników, nigdy nie czynią tego jednocześnie. Mając to na uwadze należy przyjąć, że błysk na przykład w punkcie C powoduje zniknięcie rozchodzących się fal sferycznych od otworu B niezależnie od tego, jak daleko są punkty tworzące fale elementarne w otworze B od punktu C. To z kolei zaprzecza przyczynowym prawom makrofizyki, gdyż oddziaływania kauzalne nie rozchodzą się z nieskończoną prędkością. Ten ewentualny zanik fali tworzy przyczynową anomalię. Można wprawdzie zakazać stawiania pytania, co dzieje się z falą, gdy błysk na ekranie zostanie zaobserwowany. Pytanie to, zdaniem Reichenbacha, nie może być wykluczone. Każda interpretacja interzjawisk musi być uzgodniona z danymi zjawiskami. Takim zjawiskiem danym jest na przykład „tyknięcie” licznika Geigera, które nie należy do interpretacji ani falowej, ani korpuskularnej.

Jeżeli we wspomnianym eksperymencie zostanie użyta przegroda z dwoma otworami, to na ekranie otrzyma się obraz interferencyjny, ale inny niż w pierwszym eksperymencie. Można również usiłować interpretować ten eksperyment korpuskularnie i falowo. Przy interpretacji korpuskularnej zmuszeni jesteśmy przyjąć, że prawdopodobieństwo, z którym cząstka przechodząca przez B_1 osiągnie na przykład punkt C na ekranie zależy od tego, czy otwór B_2 jest otwarty. Obraz interferencyjny, gdy oba otwory są otwarte, jest bowiem inny niż superpozycja obrazów uzyskanych przy przejściu przez otwór B_1 przy zamkniętym B_2 i na odwrot. Z punktu widzenia makrofizyki stwierdzenie o działaniu zapoczątkowanym w B_2 naruszałoby w tym konkretnym wypadku zasadę oddziaływań ciągłych.

$$(1) \quad B \vee -B \supset C$$

C musi być prawdziwe. Poprzednik tej implikacji może być również nieokreślony. W tym wypadku implikacja będzie prawdziwa wtedy, gdy następnik przyjmie trzecią wartość logiczną. Inaczej jest w logice dwuwartościowej.

Formuła (1) musi ulec modyfikacji, aby można było rzec, że C jest prawdziwe, jeżeli jest prawdziwa implikacja. Ta zmodyfikowana formuła w systemie Reichenbacha przybiera postać:

$$(2) \quad B \vee \sim B \sim \sim B \supset C$$

Poprzednik tej formuły jest tautologią. Swoje wywody Reichenbach podsumowuje następująco: aby dowieść prawdziwości C, należy dowieść, że C jest prawdziwe, gdy B jest prawdziwe, fałszywe lub nieokreślone. Analiza kwantowej mechaniki wskazuje, że nie można dać takiego dowodu, jeżeli C wyraża kauzalną anomalie. Wtedy można dowieść nie formuły (2), ale formuły (1) lub jej postaci ogólniejszej⁹.

W celu uogólnienia (1) autor docieka pewnych własności alternatywy zamkniętej (*closed*)¹⁰, ekskluzywnej (*exclusive*)¹¹ i kompletnej (*complete*)¹². Właściwości dwu pierwszych alternatyw wyraża oddzielnie dla logiki dwuwartościowej i oddzielnie dla logiki trójwartościowej za pomocą odpowiednich warunków¹³. W wypadku logiki dwuwartościowej alternatywa

⁹ Por. Reichenbach, jw. s. 161.

¹⁰ Alternatywa n członów jest zamknięta, jeżeli w przypadku n-1 członów fałszywych n-ty musi być prawdziwy.

¹¹ Alternatywą ekskluzywną — w przypadku jednego składnika prawdziwego inne muszą być fałszywe.

¹² Alternatywa jest zupełna, jeżeli jeden z jej członów musi być prawdziwy (alternatywa jest więc prawdziwa).

¹³ W przypadku logiki dwuwartościowej zależności są następujące:

$$\begin{aligned} b_1 &\equiv b_2 \cdot \bar{b}_3 \dots \bar{b}_n \\ b_2 &\equiv \bar{b}_1 \cdot b_3 \dots \bar{b}_n \\ &\dots \dots \dots \\ b_n &\equiv \bar{b}_1 \cdot \bar{b}_2 \dots \bar{b}_{n-1} \end{aligned} \quad (a)$$

Alternatywa jest zamknięta, gdy prawdziwe są powyższe implikacje od strony prawej do strony lewej. Z kolei alternatywa jest ekskluzywna, gdy prawdziwe są te implikacje od strony lewej do strony prawej.

W logice trójwartościowej zamknięta i ekskluzywna alternatywa jest wyznaczona przez warunki:

$$\begin{aligned} B_1 &\equiv -B_2 \cdot -B_3 \dots -B_n \\ B_2 &\equiv -B_1 \cdot -B_3 \dots -B_n \\ &\dots \dots \dots \\ B_n &\equiv -B_1 \cdot -B_2 \dots -B_{n-1} \end{aligned} \quad (b)$$

$$(3) \quad b_1 \vee b_2 \vee \dots \vee b_n$$

jest prawdziwa, o ile zachodzą warunki (a). Oznacza to, że w logice dwuwartościowej nie zachodzi potrzeba rozróżniania alternatywy zamkniętej i kompletnej. Inaczej jest w logice trójwartościowej. Z warunków (b) nie można wyprowadzić wniosku, że alternatywa

$$(4) \quad B_1 \vee B_2 \vee \dots \vee B_n$$

musi być prawdziwa. Ona może być nieokreślona. Możliwe jest to dlatego, że zgodnie z matrycą diamentralnej negacji, negacja trzeciej wartości jest tą samą wartością. Z kolei alternatywna implikacja przy nieokreślonym poprzedniku i następniku jest prawdziwa. Z równoważności (b) wynika, że jednocześnie wszystkie B_i nie mogą być fałszywe. Wśród nich pewne albo nawet wszystkie mogą być nieokreślone. W tym wypadku alternatywa (4) nie jest zupełna. W logice trójwartościowej zachodzi więc potrzeba rozróżnienia między alternatywą zamkniętą i zupełną.

Reichenbach zwraca uwagę, że alternatywa $B \vee \neg B$ jest szczególnym przypadkiem alternatywy zamkniętej i ekskluzywnej. Nawiązując do (1) zauważa, że z prawdziwości formuły

$$(5) \quad B_1 \vee B_2 \vee \dots \vee B_n \supset C$$

nie wynika prawdziwość C , jeżeli B_1, \dots, B_n konstytuują alternatywę zamkniętą i ekskluzywną, ponieważ poprzednik wyrażenia (5) może być nieokreślony. Tylko zupełna alternatywa w poprzedniku ostatniej formuły prowadziłaby do prawdziwości C .

Mając powyższe na uwadze amerykański logik usiłował ukazać na przykładach, iż można wyeliminować kauzalne anomalie z mechaniki kwantowej. Rozwazał wyżej opisany eksperyment w postaci uogólnionej. Mówił o przegrodzie z n otworami. W jego rozważaniach B_i symbolizuje wyrażenie: „Cząstka przeszła przez otwór B_i ”. Obserwacja cząstki na ekranie nie podważa ważności warunków (b). Z tych relacji nie wynika, że odpowiednia alternatywa jest zupełna. Jak już wspomniano, alternatywa ta może być nieokreślona¹⁴. Jest ona nieokreślona również wtedy, gdy obserwacja jest zrobiona przy n -tym otworze, ale z rezultatem negatywnym, jak również wtedy, gdy jest dokonana z takim samym rezultatem w mniej niż $n-1$ otworach, a na ekranie mamy obraz interferencyjny.

Reichenbach podkreśla, że chociaż alternatywa (4) może być nieokreślona, to jednak wiedza o relacjach zachodzących między wyrażeniami

Jak w przypadku logiki dwuwartościowej alternatywa jest zamknięta, gdy prawdziwe są powyższe implikacje od strony prawej do lewej itd.

¹⁴ Tak jest dopóty, dopóki cząstka nie zostanie zaobserwowana przy jednym z otworów. Takie zaobserwowanie zaburza jednak obraz interferencyjny na ekranie.

B_1, \dots, B_n w formułach (b) nie jest nigdy nieokreślona, ale jest prawdziwa albo fałszywa. Uwarunkowane to jest tym, iż głównym funktorem jest tam alternatywna implikacja. Wyrażenia typu zdaniowego utworzone za pomocą tego funktora mogą przybierać tylko wartość logiczną prawdy albo fałszu.

Jednym z przykładów zaczerpniętych z mechaniki kwantowej, który analizuje Reichenbach, wykorzystując powyższe logiczne ustalenia, jest formuła będąca wyrazem zasady korpuskularnej superpozycji, za pomocą której można usiłować określić prawdopodobieństwo, że cząstka opuszczająca źródło radiacji A i przechodząca przez otwór B_1 lub B_2 lub ... lub B_n przybywa do punktu C na ekranie. Oto kształt tej formuły:

$$(6) \quad P[A, (B_1 \vee \dots \vee B_n), C] = \frac{\sum_{i=1}^n P(A, B_i) \cdot P(A, B_i, C)}{\sum_{i=1}^n P(A, B_i)}$$

Formuła powyższa stwierdza, iż obraz powstający na ekranie (kliszy), kiedy wszystkie otwory są otwarte równocześnie, jest superpozycją obrazów powstających wtedy, gdy pojedynczo każdy z otworów jest otwarty. Reichenbach zwraca uwagę, że formuła (6) może być stosowana wtedy, gdy oba wyrażenia: A i $B_1 \vee \dots \vee B_n$ są prawdziwe. Wypowiedź, że cząstka wyszła ze źródła radiacji, jest prawdziwa. Natomiast nie można wykazać, o czym już wspomniano, iż wyrażenie $B_1 \vee B_2 \vee \dots \vee B_n$ jest prawdziwe. Reichenbach stwierdza więc, że formuła (6) nie może być stosowana do opisu tego eksperymentu, w którym wszystkie otwory w przegrodzie są otwarte. Prawdopodobieństwo znalezienia się cząstki w punkcie C nie może być określone przez zasadę korpuskularnej superpozycji. Wobec tego ostateczny wniosek naszego autora jest następujący: konkluzja prowadząca do kauzalnej anomalii nie została wyprowadzona¹⁵. Paradoks został wyeliminowany dzięki niemożliwości wnioskowania opartego na schemacie (5), kiedy C jest symbolem zdania. „Prawdopodobieństwo znalezienia się cząstki w punkcie C ma wartość wyrażoną przez formułę (6)”. Takie wnioskowanie nie może być przeprowadzone, ponieważ na gruncie logiki trój-

¹⁵ Przyczynową anomalią jest tu niezgodność z zasadą oddziaływania ciągłego, o czym już wspomniano, pewnych wyników mechaniki kwantowej.

Jeżeli oznaczymy przez P_1 rozkład prawdopodobieństwa dla cząstek (elektrony), które przeszły przez otwór 1 przy zamkniętych pozostałych otworach, jeżeli oznaczymy przez P_2 rozkład prawdopodobieństw dla cząstek, które przeszły przez otwór 2 przy zamkniętych pozostałych otworach itd., to P_1, \dots, P_n jako wynik otrzymany przy wszystkich otworach odsłoniętych nie jest sumą P_1, \dots, P_n . Z kolei w doświadczeniach (np. z pociskami karabinowymi) P_1, \dots, P_n jest sumą P_1, \dots, P_n . W tym wypadku nie ma więc żadnych paradoksalnych sytuacji. Zob. R. P. Feynman. *Feynmana wykłady z fizyki*. T. 1. Cz. 2. Warszawa 1969 s. 173—188.

wartościowej nie ma pewności, że poprzednik implikacji (5) jest prawdziwy.

Reichenbach zwraca również uwagę, iż posługiwanie się interpretacją mechaniki kwantowej za pomocą logiki trójwartościowej pozwala przezwyciężyć trudności związane z tzw. barierą potencjału¹⁶. Z punktu widzenia fizyki klasycznej dochodzi tam do naruszenia zasady zachowania energii, w której — w związku z energią kinetyczną i potencjalną — jest mowa o położeniu i pędzie mikroobiektu. Rozwiązanie Reichenbacha idzie w tym kierunku, aby usuwać zasadę zachowania energii z klasy wypowiedzi prawdziwych, a traktować ją jako wyrażenie nieokreślone.

Amerykański logik skonstruował więc pewien język formalny, który usiłował stosować w mechanice kwantowej. Chciał w tym języku, dzięki wprowadzeniu trzeciej wartości logicznej, uniknąć wniosków prowadzących do anomalii przyczynowych.

2. Powstaje pytanie, czy badania podjęte przez Reichenbacha należy dalej rozwijać, czy też może ten typ dociekań jest zbędny i prowadzi do konsekwencji niepożądanych.

Mając na uwadze analizy amerykańskiego logika można zasadnie stwierdzić, iż jego wywód zyskałby na przejrzystości, gdyby autor pokazał, w jaki sposób w przeprowadzonych na gruncie teorii fizykalnych rozumowaniach wykorzystuje się aparat matematyczny i logiczny. Dyskutując zagadnienie stosowalności logiki w mechanice kwantowej swoje wywody eksplikował tezami teorii fizykalnej, wziętymi nie w ich szacie matematycznej, ale wyrażonymi za pomocą języka potocznego. Takie postępowanie jest dozwolone, gdyż w języku potocznym (zbliżonym do potocznego), z racji jego uniwersalności, można przekazać każdą myśl, dającą się wyrazić w innych językach¹⁷. Reichenbach nie mówił więc o systemie logiki, na którym można nadbudować jakiś system matematyczny, którego z kolei język może być wykorzystany w mechanice kwantowej. Chodziło mu o system logiki, którego funkcjory mogłyby być użyte do formalizacji różnych tez i zwrotów wypowiedzianych w języku potocznym, a należących do teorii kwantów. Dostrzegł on, iż funkcjory klasycznego rachunku zdań, a zwłaszcza funkcjory implikacji materialnej, przy stosowaniu w naukach przyrodniczych sprawiają wiele trudności. Ze wszech miar słuszna jest uwaga Reichenbacha, że implikacja materialna kores-

¹⁶ Zagadnienie bariery potencjału znane jest w mechanice kwantowej pod nazwą efektu tunelowego. Stosując odpowiednio równanie Schrödingera, rozwiązując je, uzyskuje się informację, że cząstka elementarna może przejść przez barierę potencjału, przy czym cząstka ma mniejszą energię niż potencjał. Jest to niezgodne z mechaniką klasyczną. Na podstawie równania Schrödingera można też obliczyć prawdopodobieństwo przejścia takiej cząstki przez barierę. Dane eksperymentalne mechaniki kwantowej usprawiedliwiają rachunkowo uzyskany rezultat.

¹⁷ Por. A. Tarski. *Pojęcie prawdy w językach nauk dedukcyjnych*. Warszawa 1933 s. 14.

ponduje tylko do pewnego stopnia z okresem warunkowym języka potocznego¹⁸.

Amerykański autor uważał, iż łączenie zdań mechaniki kwantowej za pomocą funktorów logiki dwuwartościowej oraz przyjęcie tylko dwu wartości logicznych prowadziłoby czasami do uznania za prawdziwe, zdań, którym nie może być przypisana ta właśnie wartość logiczna, gdyż wyniki eksperymentów są inne. Z kolei operacje językowe oparte na wyznacznikach prawdziwości wnioskotwórczych nowej logiki doprowadzają do takich tylko wniosków, które są „*implicite* zawarte w zwykłej koncepcji mechaniki kwantowej”.

Wydaje się jednak, iż wywód Reichenbacha, usiłujący uzasadnić potrzebę nowej logiki, nie jest wszędzie w pełni spójny. Autor m. in. niezbyt dokładnie określił, jak należy rozumieć trzecią wartość logiczną na gruncie fizyki. Termin „nieokreślony” jest dla naszego autora terminem semantycznym. Na tym miejscu warto jednak odnotować, iż fizycy używają terminu „nieokreślony” jako terminu języka fizyki, a nie jako wyrażenia należącego do metajęzyka. W języku potocznym bowiem zasadę nieoznaczoności wyraża się następująco: Jeżeli znana jest wartość jednej wielkości komplementarnej, to wartość drugiej wielkości jest nieokreślona¹⁹. Wydaje się, że jest to sytuacja pierwotna użycia terminu „nieokreślony”.

Nie jest też amerykański logik konsekwentny w swych wypowiedziach dotyczących rodzaju zdań, którym może być przypisana trzecia wartość logiczna. Zgodnie ze swymi deklaracjami nieokreśloność wiąże się m.in. z jedną z wypowiedzi komplementarnych. Wydaje się też, że wyrażenie o sumie wielkości znanej i nieznannej jest wyrażeniem innego typu niż wypowiedzi o jednej z wielkości komplementarnych. Bardzo niespójne jest to, co autor pisze o wartości logicznej praw mechaniki kwantowej. Ideą wiodącą jego poszukiwań jest umieszczenie w klasie wyrażen prawdziwych albo fałszywych wszystkich praw teorii kwantów²⁰. Na ten sam temat nieco dalej wypowiada inne zdanie, gdyż zmuszony jest jedno z ważnych praw umieścić w klasie wypowiedzi nieokreślonych. Tak postąpił w trakcie przewycięzania trudności związanych z barierą potencjału.

Budzi również zastrzeżenie Reichenbacha próba formalizacji zasady komplementarności za pomocą funktorów jego logiki. Jego propozycja może być zrekonstruowana następująco: [(Pierwsza wielkość ma wartość U) \vee \sim (Pierwsza wielkość ma wartość U)] \rightarrow \sim \sim (Druga wielkość ma wartość V). Nasz logik uważa, że powyższe ujęcie jest przedstawieniem prawa fizyki jako mającego tę samą strukturę co inne prawa. Dla celów porównawczych przytacza następujące: Jeżeli układ jest zamknięty, to

¹⁸ Zwrot potoczny „jeżeli p, to q” ma kilka sensów. W klasycznym rachunku zdań ujmuje się „jeżeli p, to q” w znaczeniu „nie jest tak, że p i nie q”.

¹⁹ Por. O. Oldenberg. *Fizyka współczesna*. Warszawa 1970 s. 242.

²⁰ Por. Reichenbach, jw. s. 160.

energia układu nie ulega zmianie. Schemat tej ostatniej zasady z kolei odczytuje tak: jeżeli p , to nie q . Schemat pierwszej zasady też usiłuje odczytać w języku systemu logicznego, a nie za pomocą zwrotów semantycznych. Oto propozycja takiego odczytania: „ U lub następnie — U implikuje następnie — następnie — V ”. Wydaje się, że to odczytanie jest zbyt sztuczne. Wyraz „następnie” jest raczej zwrotem czasowym, a mniej wiąże się z negacją na gruncie języka potocznego²¹. Mając na uwadze powyższe analizy można stwierdzić, iż próba pokazania rzekomo tej samej struktury wymienionych praw nie wypadła przekonywająco. Amerykański logik powinien był porównywać z prawem zachowania energii tę postać zasady nieoznaczoności, która została wymieniona w jednym z poprzednich akapitów. Trzeba też zauważyć, że czynność formalizacji prawa mechaniki kwantowej w języku logiki trójwartościowej przebiegała inaczej niż próba formalizacji prawa fizyki w języku logiki dwuwartościowej, gdyż w pierwszym przypadku tekst prawa musiał ulec pewnej sztucznej parafrazie.

Powyższe analizy ukazują, że język systemu logiki trójwartościowej nie jest adekwatny do wyrażenia treści fizykalnych wypowiedzianych w języku potocznym. Co gorsze język ten, jak wspomniano wyżej, nie spełnia jednego z kryteriów przyjętych przez Reichenbacha dla tego języka²². Ogólnie rzecz biorąc można powiedzieć, że logika Reichenbacha jest systemem sztucznym, dość arbitralnie skonstruowanym. Amerykański logik chciał wprawdzie upodobnić swój system do systemu logiki klasycznej, ale nic nie stoi na przeszkodzie, aby podać inne tablice prawdziwościowe dla funktorów logiki trójwartościowej tak skonstruowane, iż będzie istniał związek z tablicami dwuwartościowymi.

Trzeba jeszcze podkreślić, że prawa rozumowania w danej dziedzinie nauki nie zależą od tego, ile wartości prawdziwościowych można przypisać zdaniom. W rozumowaniach bierze się pod uwagę tylko strukturę wypowiedzi²³. Prawdziwość zdań uwzględnia się tylko dlatego, żeby przyjąć wnioski, jeżeli przyjmuje się przesłanki, albo żeby odrzucić przesłanki, jeżeli wnioski okazują się nie do przyjęcia. Wystarczy przy tym posługiwać się jedną tylko wartością „prawdziwe” i jej negacją.

Pozostaje jeszcze do przypomnienia fakt, iż w literaturze logiczno-filozoficznej dokonano przekładu trójwartościowego języka Reichenbacha na język logiki dwuwartościowej²⁴. Ten przekład spełnia następujący

²¹ Inny funktor negacji występujący w systemie formalnym Reichenbach odczytuje „minus”.

²² Chodzi o kryterium, że każde prawo mechaniki kwantowej powinno mieć prawdziwościową wartość prawdy albo fałszu.

²³ Por. T. Czeżowski. *Logika*. Warszawa 1968 s. 178; A. A. Zinowiew. *Logika nauki*. Moskwa 1971 s. 266.

²⁴ Por. M. Strauss. *Two Notes on H. Reichenbach's Logic of Quantum Mechanics*. W: *Modern Physics and its Philosophy*. Dordrecht—Holland 1972 s. 288—290.

warunek: jeżeli wniosek prowadzący do kauzalnej anomalii jest przewyższony w logice trójwartościowej za pomocą trzeciej wartości logicznej, to ten wniosek nie może też być uzyskany w języku logiki dwuwartościowej. Jest tak dlatego, ponieważ zdania fałszywe i nieokreślone po przekładzie są zdaniami fałszywymi w logice klasycznej. Zdania o takiej wartości logicznej nie mogą pełnić roli przesłanek w schemacie *modus ponens*²⁵.

Generalnie rzecz biorąc studium genezy logik wielowartościowych upewnia, że logiki te powstały w wyniku analizy przez J. Łukasiewicza pewnej sytuacji ludzkiej²⁶. Przyrodznawstwo nie było źródłem ich powstania. Rzeczywistość przyrodnicza jest rzeczywistością deterministyczną, chociaż są różne rodzaje determinizmu, a nawet kauzalizmu. Zmodyfikowana obecnie koncepcja kauzalizmu rozszerza zasadę przyczynowości na zjawiska mikrofizyczne i pozwala stosować ją nie tylko w mechanice klasycznej, lecz także w teorii kwantów²⁷. Wszystkie te okoliczności są nie sprzyjające stosowalności teorii formalnej, która wyrosła na gruncie indeterminizmu zachowań ludzkich, w przyrodznawstwie²⁸.

Nie można też pominąć milczeniem faktu, iż mechanika kwantowa nie jest teorią zadowalającą fizyków. Czynnione są poszukiwania lepszej teorii wyjaśniającej zjawiska mikrokosmosu. Próba Reichenbacha nie jest heurystycznie płodna, a służy raczej maskowaniu słabych stron współczesnej teorii mikrofizyki.

Sumując powyższe analizy i ustalenia trzeba jednak dodać, iż nie oznacza to, że logika współczesna nie może wyjść w swym rozwoju poza logikę matematyczną. Właśnie obecnie postuluje się potrzebę tzw. logiki nauk

²⁵ Takie rozwiązanie jest zgodne z ujęciami fizyków, którzy podkreślają na przykład, że kiedy nie staramy się określić, którędy przeszedł elektron w opisanym wyżej doświadczeniu, to nie wolno wyciągać żadnych wniosków na podstawie zdania, iż elektron przeszedł przez otwór 1 albo otwór 2. Zob. Feynman, jw. s. 185.

²⁶ O determinizmie. W: *Z zagadnień logiki i filozofii*. Warszawa 1961 s. 123 n.

²⁷ Por. S. Mazierski. *Elementy kosmologii filozoficznej i przyrodniczej*. Poznań 1972 s. 347.

²⁸ Analizując wywody Łukasiewicza trudno jest też zrozumieć, dlaczego wartości logiczne prawda i fałsz zostały potraktowane na równi z pewnym stanem rzeczy (możliwe ludzkie zachowanie). Pojawiły się ostatnio głosy o Łukasiewiczu jako twórcy logik wielowartościowych, iż był autorem wspaniałego błędu pozostającego do dziś w logice matematycznej. Twierdzi się, że polski logik nie powiększył liczby wartości logicznych. Każda logika jest (logicznie) dwuwartościowa. Łukasiewicz scharakteryzował swą „trójwartościową logikę” stosując algebrę o zbiorze $\{1 \frac{1}{2}, 0\}$ z „1” jako elementem wyróżnionym. Algebraiczne elementy 1, 0 nie są wartościami logicznymi. W logice klasycznej występuje zgodność zachodząca między wartościami obu typów. O trzeciej wartości logicznej mówi się, że jest tylko nadzieją logików i głównym źródłem ich niepowodzeń. Zob. R. Suszko. *The Fregean Axiom and Polish Mathematical Logic in the 1920's*. W: *XXIInd Conference on the History of Logic*³⁵: 1976 nr 1 s. 18.

empirycznych. Zwraca się uwagę, iż wartości logiczne zdań nauk dedukcyjnych nie zmieniają się zależnie od czasu i miejsca. Inaczej jest w naukach empirycznych. Są więc konstruowane systemy logiczne respektujące osobliwość różnych kontekstów intensjonalnych. Mówi się dziś nawet o tym, że logika nauk dedukcyjnych powinna być szczególnym przypadkiem logiki nauk empirycznych²⁹. Wypada dodać, że podjęto próby zbudowania systemów logicznych, w których zwrot „jeżeli p, to q” ujmuje się w znaczeniu „jeżeli p, to z tej przyczyny q”³⁰. Nie oznacza to jednak, że te systemy są dysjunktywne w stosunku do klasycznego rachunku zdań tak, jak logika trójwartościowa Reichenbacha. Powstanie nowych systemów logicznych nie jest uwarunkowane dążeniem do nadania ważnym odkryciom naukowym znamienia przewrotu nie tylko w pojęciach ludzi o tej lub innej dziedzinie rzeczywistości, ale w samych logicznych podstawach nauki. Po prostu wychodzi się z faktu, że funkcje intensjonalne języka potocznego lub języka nauki nie dadzą się zawsze wyrazić za pomocą zwrotów ekstensjonalnych³¹.

Nic nie stoi na przeszkodzie, aby aparatura językowa oraz inferencyjna takich systemów logicznych była zastosowana do kontrolowania wyrażań i wnioskowań mechaniki kwantowej³².

²⁹ Por. A. A. Zinowiew, H. Wessel. *Logic and Empirical Sciences*. „Studia Logica” 35: 1976 nr 1 s. 18.

³⁰ Por. A. W. Burks. *The Logic of Causal Propositions*. „Mind” 60: 1951 s. 363—382.

³¹ Por. L. Borkowski. *Logika formalna*. Warszawa 1970 s. 72 n.; S. Kamiński. *Rola pewnych funkcyj w logice i w języku potocznym*. „Sprawozdania Towarzystwa Naukowego KUL” 1954 nr 7 s. 220—221.

³² Wypada nadmienić, iż twórcy mechaniki kwantowej, Niels Bohr i Werner Heisenberg, proponowali jako alternatywę w jej interpretowaniu rekonstrukcję tej teorii za pomocą logiki kwantowej. Mieli na myśli jakąś logikę wielowartościową. Ich oświadczenia były wcześniejsze niż pierwsze w świecie próby budowania takich systemów logicznych przez polskiego uczonego Z. Zawirskiego. Od siebie Bohr i Heisenberg, jak wspomniano wyżej, podali interpretację koronnej teorii mikrofizyki przez ograniczone znaczenie. Trzeba jeszcze dodać, iż ci uczeni — a zwłaszcza Bohr — podkreślali, że rdzeniem języka mechaniki kwantowej ma być język potoczny (*common*) uzupełniony terminami fizyki klasycznej (zob. N. Bohr. *On the Notions Causality and Complementarity*. „Dialectica” 2: 1948 s. 313). W najnowszej literaturze logicznej zwrócono uwagę, iż akceptując — proponowane przez Bohra i Heisenberga — ograniczenie co do użycia terminu „zjawisko” (zob. W. Heisenberg. *The Physical Principles of Quantum Theory*. New York 1930 s. 15) oraz powyższe ustalenie dotyczące języka mechaniki kwantowej nie zachodzi potrzeba stosowania w teorii kwantów żadnej logiki wielowartościowej, gdyż logiką takiego języka jest logika standardowa (zob. D. R. Nilson. *Hans Reichenbach on the Logic of Quantum Mechanics*. „Synthese” 34: 1977 s. 320). Nie oznacza to jednak, że powyższe ustalenia są akceptowane przez wszystkich fizyków i filozofów fizyki. Nie zaprzecza to również potrzebie rozwijania innych typów logik nieklasycznych niż logiki wielowartościowe. Obecnie fizyka klasyczna, a zwłaszcza metodologia fizyki, postuluje ten typ badań logicznych.

Tabela 1

A	Cykliczna negacja $\sim A$	Diametralna negacja $\neg A$	Zupełna negacja \bar{A}
T	J	F	J
J	F	J	T
F	T	T	T

Tabela 2

A	B	Alternatywa $A \vee B$	Koniunkcja $A \cdot B$	Standardowa implikacja $A \supset B$	Alternatywna implikacja $A \rightarrow B$	Quasi implikacja $A \ni B$	Standardowa równoważność $A \equiv B$	Alternatywna równoważność $A \equiv\equiv B$
T	T	T	T	T	T	T	T	T
T	J	T	J	J	F	J	J	F
T	F	T	F	F	F	F	F	F
J	T	T	J	T	T	J	J	F
J	J	J	J	T	T	J	T	T
J	F	J	F	J	T	J	J	F
F	T	T	F	T	T	J	F	F
F	J	J	F	T	T	J	J	F
F	F	F	F	T	T	J	T	T

ON A CERTAIN ATTEMPT TO OVERCOME CAUSAL ANOMALIES IN QUANTUM MECHANICS

Summary

The first part of the article discusses H. Reichenbach's attempt to employ many valued logic to overcome causal anomalies in quantum mechanics. It aims to present the criteria which guided the American logician in the construction of his logical system. The second part of the paper analyzes certain propositions of Reichenbach. His argumentation is not always coherent. It is demonstrated that the term 'indefinite' belongs to physics rather than semantics. The language of Reichenbach's logic as compared to the language of classical propositional calculus seems artificial. A successful attempt to translate the trivalent language of the American logician into the language of bivalent logics is mentioned as well. The question of applicability of many valued logics to physical theories is briefly discussed. The possibility of application of non-classical logics different than multivalent systems, to science is sketched.