

Łukasz Sadłocha

Teorie zamknięte Heisenberga i sformalizowane teorie aksjomatyczne

Studia Sandomierskie : teologia, filozofia, historia 20/2, 169-177

2013

Artykuł został opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

TEORIE ZAMKNIĘTE HEISENBERGA A SFORMALIZOWANE TEORIE AKSJOMATYCZNE

Metoda aksjomatyczna, stosowana do opisu fragmentów rzeczywistości, związana jest z metodą dedukcyjną i znana jest od starożytności. Od tego czasu zdążyła jednak zmienić swoją postać z nieformalnej na sformalizowaną. Od początku jej zadaniem jest nie tyle odkrywanie nowych faktów, co usystematyzowanie tego co już znamy. Polega na wyborze pojęć pierwotnych oraz aksjomatów, będących własnościami podstawowymi i pewnymi opisywanego obiektu. Z nich drogą rozumowania wyprowadza się twierdzenia, opisujące inne właściwości tego obiektu. Razem wzięte aksjomaty, metody rozumowania i otrzymane twierdzenia stanowią teorię aksjomatyczną. Jej sformalizowaną postać otrzymuje się poprzez opisanie formalnego języka, który służy do zapisania aksjomatów ujętych w odpowiednią strukturę oraz twierdzeń. Określa się także metody dowodzenia twierdzeń oraz dodaje warunki pozwalające ograniczyć się nam do interesującego nas obiektu. Sformalizowana teoria aksjomatyczna jest zatem aksjomatycznym systemem, czyli uporządkowanym zbiorem zawierającym obliczalne aksjomaty i twierdzenia otrzymane za pomocą operacji wnioskowania. Za najwcześniejsze sztandarowe dzieło wykorzystujące metodę aksjomatyczną uważa się „Elementy” Euklidesa, będące podręcznikiem geometrii do XIX wieku. Z metody tej korzystał m.in. Mikołaj Kopernik, Johannes Kepler, a także Issac Newton, który w swoim dziele „Philosophiae naturalis principia mathematica” przedstawił mechanikę klasyczną panującą później przez dwa stulecia. W XX wieku pojawia się ona ponownie na kanwie rewolucyjnych odkryć naukowych w dziedzinie fizyki, które zmieniły obraz rzeczywistości. Einstein radykalnie, jak napisał Bruce J. Hunt, zerwał z XIX-wiecznymi pojęciami czasu i przestrzeni, łącząc je w jedno – czasoprzestrzeń¹. Powstała także teoria kwantowa. Według Oliviera Darrigola, najbardziej intrygująca teoria empiryczna, która odrzuciła podstawowe intuicje poprzednich teorii².

¹ Por. B. J. Hunt, *Electrical Theory and Practice in the nineteenth Century*, w: *The Cambridge History of Science: The Modern Physical and Mathematical Sciences*, red. M. J. Nye, Cambridge 2008, s. 326.

² Por. O. Darrigol, *Quantum theory and atomic structure, 1900-1927*, w: *The Cambridge History of Science: The Modern Physical and Mathematical Sciences*, red. M. J. Nye, Cambridge 2008, s. 331.

Wokół tych dwóch teorii skupiły się myśli matematyków, fizyków i filozofów. W tej grupie znajduje się także Werner Heisenberg (1901-1975), którego teorie zamknięte posiadające aksjomatyczny charakter, będą przedmiotem tego artykułu. Znany jest przede wszystkim z zasady nieoznaczoności Heisenberga, opublikowanej w 1927 roku. Ponadto opracował formę macierzową mechaniki kwantowej i wraz Nielsem Bohrem promował kopenhaską interpretację mechaniki kwantowej. W 1932 roku otrzymał nagrodę Nobla z dziedziny fizyki. Jego prace i wywiady wydano w trzech seriach „Gesammelte Werke”³, pośród których można odnaleźć pięć tomów prac filozoficznych wraz z powszechnymi pismami. W nich można odnaleźć idee teorii zamkniętych dotyczących teorii fizycznych i metody aksjomatycznej. Koncepcja ta wpisuje się w problematykę natury teorii naukowych i ich zmian. Z punktu widzenia tej problematyki, wydaje się ona być ciekawa, na co wskazują podjęte przez filozofów badania:

1. Alisa Bokulich chcąc rzucić nowe światło na dwóch wielkich współtwórców mechaniki kwantowej, którymi są Heisenberg i Dirac, w swoim artykule porównuje teorie zamknięte Heisenberga z otwartymi teoriami Diraca. Badania dotyczą płaszczyzny metodologicznej, kwestii zmiany teorii oraz interteoretycznych relacji. Rozbieżności okazują się być znaczne, np. dla Heisenberga mechanika klasyczna i mechanika kwantowe są dwoma teoriami zamkniętymi, a dla Diraca jedną otwartą⁴.
2. Mélanie Frappier, analizuje Heisenberga pojęcie interpretacji, które ma związek z koncepcją teorii zamkniętych. Dokonuje tego z różnych punktów widzenia. Pierwszym jest zasada nieoznaczoności Heisenberga. Drugim eksperymenty myślowe, a trzecim jest program aksjomatyzacji fizyki Hilberta, gdzie ukazuje wpływ Davida Hilberta na teorie zamknięte Heisenberga⁵.

Niestety pomimo znacznej ilości literatury na temat teorii zamkniętych Heisenberga, można zauważyć wśród badaczy znaczną różnicę zdań na temat istotnych cech tych teorii, a przede wszystkim w badaniach wydaje się być pomijany ich aksjomatyczny charakter. Istnieje zatem potrzeba przypomnienia pochodzenia koncepcji teorii zamkniętych, co pozwoli zwrócić uwagę na zaniechaną część badań. Na początku zostanie przedstawiona kwestia translacji z języka niemieckiego (język narodowy Heisenberga) pojęcia *Abgeschlossene Theorie* na język angielski (oficjalny język międzynarodowy) i polski (język narodowy autora artykułu). Następnie pierwsze publiczne wystąpienia, w których pojawiła się omawiana koncepcja Heisenberga. Zostanie także pokrótce zaprezentowane środowisko naukowe związane z Davidem Hilbertem, w którym to środowisku narodziła się ta idea. Na

³ Zob. W. Heisenberg, *Gesammelte Werke*, red. Walter Blum, Hans-Peter Dürr, Helmut Rechenberg, München 1984.

⁴ Zob. A. Bokulich, *Open or Closed? Dirac, Heisenberg, and the Relation between Classical and Quantum Mechanics*, „Studies in History and Philosophy of Modern Physics” 35(2004), z. 3.

⁵ Zob. M. Frappier, *Heisenberg's notion of interpretation*, Ontario 2004.

koniec narzucające się powierzchowne podobieństwa między programem aksjomatycznym Hilberta, a teoriami zamkniętymi Heisenberga pozwolą zauważyć pominiętą przez filozofów nauki część dociekań.

Rozpoczynając wywód należy zająć się zagadnieniem translacji. Heisenberg w swoich pracach używa określenia *Abgeschlossene Theorie (Bereiche, Systeme)*⁶. Kwestię przełożenia tego sformułowania na język angielski poruszyła Bokulich wskazując tłumaczenie *abgeschlossen* na następujące wyrazy: *closed, locked, isolated, self-contained*. Sama używa sformułowania *closed theories*⁷, które już wcześniej przyjęło się w literaturze naukowej. Można powiedzieć, że przekład ten obecnie może być nieraz mylący, gdyż sformułowania tego, ale w innym znaczeniu, używają także filozofowie związani z zasadą korespondencji między teoriami, np. Charles W. Misner⁸. Natomiast przekładając na język polski termin *abgeschlossen* można wykorzystać jeden z trzech wyrazów: *zamknięty, skończony, doskonały*⁹, spośród których przyjęło się *zamknięty*, prawdopodobnie za sprawą tłumaczenia na język polski przez Stefana Amsterdamskiego książki „Fizyka a filozofia”¹⁰.

W swojej autobiografii Heisenberg wspomina wprost po raz pierwszy o teoriach zamkniętych podczas rozmowy z fizykiem doświadczalnym z Chicago, Bartonem. Stało się to wiosną 1929 roku podczas rocznego pobytu w USA, gdzie udał się celem wykładania nowej mechaniki kwantowej¹¹. Według Bokulich publikacje o teoriach zamkniętych nie pojawiały się przed latami 30. XX wieku, natomiast były poruszane do lat 70¹². Nie należy jednak zapominać o niepublikowanej prezentacji Heisenberga, a przedstawionej filozofom na uniwersytecie w Lipsku z 1928 roku pt. „Erkenntnistheoretische Probleme in der modernen Physik”, w której Heisenberg już o nich wspomina¹³. Następnie wykład na 91 spotkaniu „Towarzystwa niemieckich naukowców i lekarzy” w Królewcu w 1930 roku, którego streszczenie zostało wydane w „Die Naturwissenschaften” w 1930, a pełna wersja w „Erkenntnis zugleich Annalen der Philosophie” w 1931 roku pod tytułem „Kau-

⁶ Zob. W. Heisenberg, *Der Teil und das Ganze. Gespräche im Umkreis der Atomphysik*, München 1991, s. 119.

⁷ Por. A. Bokulich, art. cyt., s. 379.

⁸ Zob. M. W. Charles, *Some Topics for Philosophical Inquiry concerning the Theories of Mathematical Geometrodynamics and of Physical Geometrodynamics*, w: *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, red. K. F. Schaffner, R. S. Cohen, Dordrecht 1972, s. 24.

⁹ *abgeschlossen*, <http://pl.pons.eu/dict/search/results/?q=abgeschlossen&l=depl&in=&lf=de> (dostęp: dn. 5 lipca 2012 r.)

¹⁰ Zob. W. Heisenberg, *Fizyka a filozofia*, przeł. S. Amsterdamskiego, Warszawa 1963; Książka ta jest tłumaczeniem z oryginalnego tekstu angielskiego W. Heisenberg, *Physics and philosophy. The revolution in modern science*, New York 1958.

¹¹ Por. W. Heisenberg, *Der Teil...*, s. 132.

¹² Por. A. Bokulich, art. cyt., s. 379.

¹³ Zob. W. Heisenberg, *Erkenntnistheoretische Probleme in der modernen Physik*, w: *Gesammelte Werke. Abteilung C. Allgemeinverständliche Schriften*, red. Walter Blum, Hans-Peter Dürr, Helmut Rechenberg, t. 1, München 1984.

salgesetz und Quantenmechanik”¹⁴. Na podstawie powyższych publikacji można zauważyć, iż koncepcja teorii zamkniętych Heisenberga nie pojawiła się nagle, w gotowej postaci, lecz rozwijała się stopniowo. Najwcześniejsze opublikowane ślady idei teorii zamkniętych odnajduje Catherine Chevalley w artykułach z 1926 roku: „Mehrkörperproblem und Resonanz in der Quantenmechanik”, „Quantenmechanik”¹⁵.

Na tworzenie się teorii zamkniętych Heisenberga miała wpływ atmosfera naukowa panująca na uniwersytecie w Getyndze, a zwłaszcza wielki wpływ na fizyków i matematyków autorytetu Davida Hilberta. Pomimo krótkiego czasu spędzonego na tym uniwersytecie przez Heisenberga, wpływ Hilberta na koncepcję teorii zamkniętych wydaje się być bezsporny, najwyżej można spierać się o jego stopień, co zostanie wykazane poniżej.

Obaj naukowcy spotykali się w Getyndze na uniwersytecie, gdzie jak pisze David Rowe, wykłady Felixa Kleina (1849-1925) i Davida Hilberta (1862-1943) przyciągały utalentowanych studentów z całego świata¹⁶. W tym czasie na uniwersytecie dochodzi do jednej z największych rewolucji naukowych XX wieku – teorii kwantowej. Hilbert, według Frappier, pracował tam od 1885 do czasu swojej emerytury w 1930 roku. Heisenberg natomiast z przerwami bywał na tym uniwersytecie od 1922-1925, najpierw jako wizytujące doktorant, potem jako kandydat do habilitacji¹⁷. Arne Schirrmacher analizuje okres działalności uniwersytetu w Getyndze w latach 1900 do 1924¹⁸. Przedstawia politykę badawczą z trzech punktów widzenia: zmian personalnych na wydziale fizyki, przeniesienia akcentu badań przez czołowych badaczy, wydatkowania środków¹⁹. W punkcie drugim bierze pod uwagę Hilberta jako jednego z czołowych badaczy. Spędzał on dużo czasu nad problemami granicznymi matematyki, a nie na centralnych matematycznych zagadnieniach²⁰. Alfred Landé, asystent Hilberta, codziennie rano i po południu składał Hilbertowi relacje z najnowszych wyników badań nad mechaniką kwantową²¹.

¹⁴ Zob. W. Heisenberg, *Kausalgesetz und Quantenmechanik*, „Erkenntnis zugleich Annalen der Philosophie” (1931), nr 2.

¹⁵ Por. A. Bokulich, art. cyt., s. 379; Zob. W. Heisenberg, *Mehrkörperproblem und Resonanz in der Quantummechanik*, „Zeitschrift für Physik” 38(1926), z. 6-7; Zob. W. Heisenberg, *Quantenmechanik*, „Die Naturwissenschaften” 14(1926), z. 45.

¹⁶ Por. D. E. Rowe, *Mathematical Schools, Communities, and Networks*, w: *The Cambridge History of Science: The Modern Physical and Mathematical Sciences*, red. M. J. Nye, Cambridge 2008, s. 116.

¹⁷ Por. M. Frappier, dz. cyt., s. 149.

¹⁸ Por. A. Schirrmacher, *The Establishment of Quantum Physics in Göttingen 1900-24*, Congress of History of Science, Liège 1997, <http://www.mzwtg.mwn.de/> (dostęp: 5.07.2012 r.), s. 2.

¹⁹ Por. Tamże, s. 4.

²⁰ Nie można w pełni zgodzić się z tym zdaniem, gdyż Hilbert sformułował program badań zwany formalizmem, którego celem było ugruntowanie matematyki; Por. R. Murawski, *Filozofia matematyki. Zarys dziejów*, Warszawa 1995, s. 124-125.

²¹ Por. Tamże, s. 10.

Dysponując najnowszymi danymi, Hilbert stara się zainteresować innych zagadnieniami z pogranicza fizyki i matematyki, na co wskazują jego wykłady z lat 1911-1914, które dotyczyły kinetycznej teorii gazów, teorii promieniowania itd.²² Hilbert widział wiele korzyści płynących z badań z pogranicza matematyki, fizyki i chemii, do których kluczem okazał się rozpoczęty przez niego program aksjomatyzacji²³. Program ten, twierdzi Roman Murawski, zawierał dwa etapy. Pierwszy dotyczył formalizacji matematyki, a więc rekonstrukcji matematyki infinitystycznej jako szczegółowo opracowanego systemu sformalizowanego. Według Hilberta formalizacja miała polegać na opracowaniu systemu sformalizowanego. W tym celu należało wprowadzić pewien sztuczny język symboliczny i ustalić reguły budowania w tym języku poprawnych wyrażeń złożonych. Następnie wprowadzić aksjomaty i reguły wnioskowania (odwołujące się do kształtu formuł, a nie do ich znaczenia czy sensu) dobrane tak, by pozwalały na rozstrzygnięcie każdego problemu, który można sformułować w rozważanym języku jako zdanie realne. Powinny one tworzyć zupełny układ aksjomatów. Drugi etap polegał na wykazaniu niesprzeczności i zachowawczości matematyki infinitystycznej za pomocą metod finitystycznych²⁴. W opinii Schirrmachera, po sukcesie aksjomatycznego programu Hilberta w dziedzinie matematyki (udało się m.in. zaksjomatyzować geometrię euklidesową w 1899 roku), ogłosił on główny cel XX-wiecznej matematyki, którym powinna być aksjomatyzacja fizyki. W czasie wykładów na temat logicznych zasad aksjomatycznego myślenia w 1905 roku, jako przykłady przyszłej udanej aksjomatyzacji podał on teorię mechaniki klasycznej, termodynamikę, elektrodynamikę, a nawet psychofizykę²⁵.

Tego rodzaju atmosfera naukowa towarzyszyła Heisenbergowi w trakcie pobytu na uniwersytecie w Getyndze. Dostrzega on wpływ osobowości Hilberta nadającego kierunek myślenia, co wyraża w wywiadzie z Kuhnem w 1963 roku²⁶. Warto dodać, że Cassidy, że Heisenberg zapoznał się z metodami matematycznymi stosowanymi w szkole Hilberta²⁷. Na podstawie wykładów Hilberta, pisze Bokulich, rozważa opisywanie natury za pomocą aksjomatycznych systemów²⁸, co doprowadziło go do idei teorii zamkniętych²⁹. Przykładami tych teorii są: mechanika

²² Por. Tamże, s. 10.

²³ Por. Tamże, s. 13.

²⁴ Por. R. Murawski, *Filozofia matematyki. Zarys ...*, s. 128-129.

²⁵ Por. Arne Schirrmacher, *Planting In the Neighbor's Garden. Hilbert's Investments In Early Göttingen Quantum Physics*, Annual Meeting of the History of Science Society, Kansas City 1998, <http://www.mzwtg.mwn.de/> (dostęp: dn. 5 lipca 2012 r.), s. 2.

²⁶ Por. A. Schirrmacher, *The Establishment of Quantum Physics in Göttingen 1900-24*, Congress of History of Science, Liège 1997, <http://www.mzwtg.mwn.de/> (dostęp: 5.07.2012 r.), s. 2.

²⁷ Por. D. C. Cassidy, *Biographische Daten – Werner Heisenberg (1901-1976)*, w: *Gesammelte Werke. Abteilung C. Allgemeinverständliche Schriften*, red. Walter Blum, Hans-Peter Dürr, Helmut Rechenberg, t. 1, München 1984, s. 3.

²⁸ Por. A. Bokulich, art. cyt., s. 381;

²⁹ Por. Tamże, s. 381.

Newtona, teoria Maxwella ze szczególną teorią względności, termodynamika i mechanika statystyczna oraz nierelatywistyczna mechanika kwantowa z fizyką atomową i chemią³⁰. Na zaproszenie Hilberta, Heisenberg prowadzi wykłady z mechaniki kwantowej dla matematyków³¹. Wspomina Hilberta uczestniczącego w dyskusjach podczas wykładów Bohra. Efektem tych dyskusji było podjęcie rozmów fizyków teoretycznych z matematykami na temat aksjomatyzacji fizyki³². Olivier Darrigol twierdzi, że program aksjomatyzacji fizyki interesował wielu tamtejszych naukowców, a na temat zamkniętej matematycznie teorii mechaniki kwantowej rozmawiali także Max Born i Pascual Jordan, którzy ściśle współpracowali z Heisenbergiem³³.

Poczynione ustalenia pozwalają twierdzić o wpływie Hilberta na Heisenberga, chociaż jak pisze Frappier, sam Heisenberg nigdy wyraźnie nie przyznał się do związku teorii zamkniętych z programem aksjomatycznym³⁴. Ten brak wyraźnej kontynuacji programu może być jednym z powodów rozbieżności wśród naukowców na temat cech charakterystycznych omawianych teorii. Heisenberg w swoim artykule na temat teorii zamkniętych podaje cztery charakterystyczne cechy tych teorii:

1. Teoria odznacza się wewnętrzną niesprzecznością. Osiąga się ją przez sprecyzowanie definicjami i aksjomatami pojęć wywodzących się na początku z doświadczenia oraz ustalenie relacji między nimi, w ten sposób, aby dało się przyporządkować pojęciom symbole matematyczne, między którymi powstanie niesprzeczny układ równań.
2. Pojęcia teorii oznaczają coś w świecie, wywodzą się z doświadczenia. Aksjomatyzacja pojęcia pozwala oddzielić je od doświadczenia, tym samym ograniczając w sposób rozstrzygający zakres ich stosowalności w doświadczeniu.
3. Granice stosowalności zaksjomatyzowanych pojęć wskazuje nam doświadczenie, w sytuacji gdy nowej grupy zjawisk nie potrafimy za ich pomocą uporządkować.
4. Układ pojęciowy teorii zamkniętej należy do warunków wstępnych dalszych badań. Rezultat eksperymentu można wyrazić tylko pojęciami starszych teorii zamkniętych³⁵.

Problemy interpretacyjne teorii zamkniętych Heisenberga pojawiają się, gdy filozofowie analizują inne pisma tego fizyka, w których ukazuje on swoją koncepcję na konkretnych przykładach. Biorąc pod uwagę literaturę na temat teorii zamkniętych, można wyróżnić trzy najbardziej znane opracowania dotyczące cech charak-

³⁰ Por. W. Heisenberg, *Der begriff «Abgeschlossene Theorie» in der Modernen Naturwissenschaft*, „Dialectica” 2(1948), z. 3-4, s. 334.

³¹ Por. *Interview of Dr. Werner Heisenberg...*

³² Por. Tamże.

³³ Por. O. Darrigol, *From c-Numbers to q-Numbers. The Classical Analogy in the History of Quantum Theory*, Berkeley 1992, s. 280-281.

³⁴ Por. M. Frappier, dz. cyt., s. 120.

³⁵ Por. W. Heisenberg, *Der begriff...*, s. 334-335.

terystycznych teorii zamkniętych: Frappier, Scheibe'a i Weinerta. Frappier wyróżnia cztery charakterystyczne cechy tych teorii:

1. Ograniczone dziedziny zastosowania, których nie da się określić z wyprzedzeniem na podstawie samej teorii.
2. Podatność na aksjomatyzację.
3. Wieczna poprawność.
4. Są idealizacjami rzeczywistości, zbudowanymi na konkretnym zbiorze założeń³⁶.

Z kolei Scheibe'a stawia trzy rodzaje wymagań:

1. Logiczne: teoria musi być zaksjomatyzowana, wewnętrznie spójna oraz musi być możliwe wyróżnienie w niej pojęć i sformułowanych praw.
2. Empiryczne: pojęcia muszą wywodzić się z teorii, teoria musi być empirycznie testowalna.
3. Musi istnieć związek między pojęciami i prawami w teoriach zamkniętych³⁷.

Weinert analizując związek teorii zamkniętych z zasadą korespondencji, sprowadza zamkniętość do:

1. Zamkniętości treściowej – istnieje teoretyczne uzasadnienie jej limitów w zastosowaniu.
2. Zamkniętości empirycznej – można wyróżnić empiryczne wartości, poza którymi teoria nie sprawdza się³⁸.

Z powyżej zarysowanych przykładów można wyciągnąć następujący wniosek. Autorzy wymieniają niesprzeczną aksjomatyzację, jako cechę charakterystyczną. Łączy ona koncepcję Heisenberga z programem aksjomatyzacji. U Hilberta sformalizowany system spreczny, pisze Murawski, był uznawany za bezużyteczny. Ponadto jeżeli chcemy by teoria wyrażała wiedzę o świecie, a nie była tylko zwykłym opisem zjawisk, to jak twierdzi Hilbert, doświadczenie musi ograniczyć nasz wybór aksjomatów³⁹. Podobnie twierdzi Heisenberg. Niestety jeszcze za życia Hilberta i Heisenberga, pojawił się problem z wewnętrzną niesprzecznością. Badania Kurta Gödla z 1931 roku, sformułowane w postaci tzw. twierdzenia Gödla, pokazały niemożność pełnego zrealizowania programu Hilberta. Nie da się bowiem zbudować pełnego systemu arytmetyki liczby naturalnych, ani nie można za pomocą środków danej teorii zawierającej arytmetykę liczb naturalnych udowodnić jej niesprzeczności. Pozostała jednak możliwość poszukiwania dowodów niesprzeczności teorii, poprzez rozszerzanie zasobu dopuszczalnych środków⁴⁰.

³⁶ Por. M. Frappier, dz. cyt., s. 152-153.

³⁷ Por. Tamże, s. 182-183.

³⁸ Por. F. Weinert, *The correspondence principle and the closure of theories. Two Incompatible Aspects of Heisenberg's Philosophy of Science*, „Erkenntnis” 40(1994), z. 40, s. 308.

³⁹ Por. M. Frappier, dz. cyt., s. 177-178.

⁴⁰ Por. R. Murawski, *Filozofia matematyki. Antologia tekstów klasycznych*, Poznań 2003, s. 319.

Twierdzenie Gödla nie powstrzymało programu aksjomatyzacji fizyki oraz nie zmusiło Heisenberga do wyeliminowania cechy niesprzeczności. Za życia Heisenberga pojawił się także tzw. formalizm ścisły. Według Murawskiego, formalizm ścisły reprezentowany głównie przez Haskell B. Curry'ego, traktował matematykę jako naukę o systemach sformalizowanych i utrzymywał, że aby system uznać za użyteczny, nie jest ani konieczny ani wystarczający dowód jego niesprzeczności. Curry przytacza przy tym przykłady teorii matematycznych i fizycznych, które były sprzeczne, ale użyteczne⁴¹ (*Outlines of a Formalist Philosophy of Mathematics*, 1951). Trzeba zaznaczyć, że formalizm ścisły, także nie wpłynął na koncepcję teorii zamkniętych Heisenberga.

Badając temat teorii zamkniętych Heisenberga, można zauważyć wiele zbieżności z ideą Hilberta. Między innymi, obaj obecność swoich koncepcji widzieli w teoriach naukowych. Przykłady teorii zamkniętych Heisenberga można znaleźć pośród teorii wymienionych przez Hilberta, jako podlegających przyszłej aksjomatyzacji: mechanika klasyczna, termodynamika, elektrodynamika, atomowa teoria materii. To czy inne podobieństwa, pozwalają domniemać ograniczenia się Heisenberga do znanych osobiście obszarów fizyki, albo do istnienia różnic w koncepcjach, bądź zrównania obu koncepcji, czego ten artykuł nie porusza.

Podsumowując, za Frappier, można wyróżnić dwie linie kontynuujące program aksjomatyczny fizyki Hilberta. Pierwszą jest szeroko badana aksjomatyzacja fizyki kwantowej von Neumanna. Drugą, mniej znaną koncepcją są teorie zamknięte Heisenberga⁴². Zainteresowanie tymi dwoma podejściami i ich rozwój jest zasadniczo różny. Aksjomatyzacja mechaniki kwantowej von Neumanna była szeroko badana z perspektywy logicznej i filozofii nauki, natomiast teorie zamknięte Heisenberga analizowane były z pominięciem analizy logicznej, formalizmu w którym mają początek. Dziwi fakt, iż sam Heisenberg odwołując się do niesprzecznej aksjomatyki, nie korzysta z analizy logicznej w wymienianych przez siebie egzemplifikacjach. Z analizy tej nie korzystają również filozofowie zajmujący się teoriami zamkniętymi Heisenberga. Jej zastosowanie, jak pisze Elżbieta Pietruska-Madej, pozwala badać teorie zastane, czyli określone i statycznie ujęte oraz sam proces badawczy np. warunki kształtowania się nowych teorii, badanie krytyczne sformułowanych już teorii⁴³. W moim przekonaniu analiza ta może być próbą ujednoczenia koncepcji Heisenberga.

⁴¹ Por. R. Murawski, *Filozofia matematyki. Zarys ...*, s. 130-131.

⁴² Por. M. Frappier, dz. cyt., s. 148-149.

⁴³ Por. E. Pietruska-Madej, *W poszukiwaniu praw rozwoju nauki*, Warszawa 1980, s. 30.

Streszczenie

Celem tego artykułu jest zwrócenie uwagi na zaniechaną część badań dotyczących teorii zamkniętych Wernera K. Heisenberga, mianowicie na analizę logiczną. Wydaje się ona mieć znaczenie z dwóch głównych powodów. Pierwszym jest środowisko naukowe, w których powstała ta idea. Wiąże się ono z Davidem Hilbertem i jego programem aksjomatyzacji fizyki. Drugim jest główna cecha teorii zamkniętych – wewnętrzenie niesprzeczna aksjomatyka. Zastosowanie analizy logicznej może pozwolić na ujednoczenie koncepcji teorii zamkniętych Heisenberga.

Heisenberg's closed theories and formal axiomatic theories

S u m m a r y

The aim of this article is to draw attention to the discontinued part of the research on Werner K. Heisenberg's concept of closed theories, that is the logical analysis. It seems to be important for two main reasons. The first one is the academic background in which the idea appeared. It is connected to David Hilbert and his axiomatic program. The second one is the main feature of closed theories - noncontradictory axiomatics. The application of logical analysis can help to unify the concept of Heisenberg's closed theories.