

STANISŁAW KICZUK

JĘZYK FIZYKI WSPÓŁCZESNEJ I PROBLEM LOGIKI MECHANIKI KWANTOWEJ W UJĘCIU WERNERA HEISENBERGA

W literaturze filozoficzno-logicznej zbyt mało uwagi poświęca się problemowi języka w naukach przyrodniczych. Zwłaszcza niewiele jest prac dotyczących zagadnienia języka w fizyce nowożytnej i współczesnej. Z tą kwestią wiąże się m.in. problem logiki mechaniki kwantowej. Autorem, który wypowiadał ważne uwagi na interesujący nas temat, był W. Heisenberg. W tym artykule, wykorzystując głównie odpowiednie teksty Heisenberga, będzie poszukiwało się odpowiedzi m.in. na następujące pytania: Czym się różni fizyka klasyczna i współczesna od innych typów wiedzy? Ilu języków i do jakich celów używa fizyk? W drugiej części artykułu zarysuje się Heisenberga wizję logiki mechaniki kwantowej. Podejmie się próbę odpowiedzi m.in. na następujące pytania: Z którym językiem mikrofizyki związana jest logika mechaniki kwantowej? Czy logika mechaniki kwantowej musi być konkurencyjna w stosunku do klasycznego rachunku logicznego czy też może być rozszerzeniem tego rachunku? Analiza problemów, których dotyczą wszystkie powyższe pytania, będzie tak przeprowadzona, że zostaną przedstawione ujęcia tych zagadnień na podstawie tekstów Heisenberga oraz będą wypowiedzane uwagi komentujące, oceniające, a niekiedy ukazujące lub tylko zarysowujące szersze tło omawianych problemów.

1. Heisenberg zauważa, że przez długi okres mniemano, iż problem języka w naukach przyrodniczych odgrywa tylko rolę podrzędną. W tych naukach wszak chodzi o to, aby możliwie dokładnie obserwować różne obszary natury i na tej podstawie zrozumieć, jak działa przyroda. Wydawało się zawsze, że trudności fizyka czy chemika są związane z niedoskonałością ich narządów zmysłowych lub aparatury, za pomocą której ma być przeprowadzona obserwacja. Uważano, że przyrodnik może też mieć trudności uwarunkowane wielkim skomplikowaniem współzależności zachodzących w przyrodzie, których porządek w fazie początkowej badań przedstawia się jako niezrozumiały. Sądono

jednak – podkreśla Heisenberg¹ – jakoby można było bez trudu mówić o osiągniętych rezultatach i że język nie wymaga odrębnej dyskusji. Wielki fizyk dodaje też, że w miarę rozwoju nauki zachodziła niekiedy potrzeba włączania do jej języka nowych sztucznych słów, za pomocą których można już było nazwać nie znane uprzednio obiekty lub współzależności. Mniemano, że tak uzupełniony język wystarcza do opisu odkrywanych w przyrodzie nowych powiązań.

Zdaniem niemieckiego uczonego sytuacja odnośnie do języka nauk przyrodniczych, a głównie języka fizyki, uległa zasadniczej zmianie, gdy doświadczalne odkrycia pierwszych dziesięcioleci XX w., których teoretyczną analizę udało się przeprowadzić w teorii względności i teorii kwantów, spowodowały rewizję podstaw fizyki nowożytnej. Zwłaszcza odkrycie ciał promieniotwórczych podkopało wiarę w niektóre, głęboko zakorzenione poglądy. Te poglądy należą do filozoficznych założeń nauk przyrodniczych. Różni autorzy wypowiadali się na ten temat. Trafne uwagi wypowiedział K. Ajdukiewicz. Niektóre z jego tez należy tu przypomnieć².

Warto więc podkreślić, że zasadniczy szkielet poglądu na budowę materii, jaki dominował w XIX w. wśród przyrodników, został wypracowany w starożytności przez Demokryta, który uchodzi za twórcę atomizmu filozoficznego. Według Demokryta wszystkie ciała składają się z niepodzielnych, nie powstałych i niezniszczalnych cząstek. Owe atomy nie ulegają żadnym zmianom jakościowym. Zmieniać się może tylko ich wzajemne położenie względem siebie oraz ich prędkość. Wszelka zmiana w świecie rzeczy sprowadza się, według Demokryta, do zmiany wzajemnego położenia i prędkości atomów. Zmieniać się jakościowo może tylko to, co ma części. Pogląd Demokryta nie był powszechnie podzielany w starożytnej Grecji. Byli tam bowiem zwolennicy Heraklita, który utrzymywał, że w świecie nie ma niczego niezmiennego i stałego. Wszystko jest zmienne. Zmienia się nawet tworzywo wszechrzeczy, z którego wszystko jest zbudowane. W czasach nowożytnych renesans myśli Demokryta rozpoczął się w XVII w., a do punktu kulminacyjnego doszedł w XIX stuleciu, kiedy J. Dalton dał empiryczne podstawy wizji materii jako zbudowanej z atomów, o których mówi chemia. Ustalono liczbę rodzajów takich atomów. Nie może jednak atom jednego rodzaju zmieniać się w atom innego rodzaju. Zakładano, że atomy są proste i nie posiadają części składowych. Dopiero odkrycie ciał promieniotwórczych zmusiło do odrzucenia tych, tak głęboko zakorzenionych, poglądów.

W związku z promieniotwórczością napotkano zjawisko przemieniania się atomu jednego pierwiastka w atom innego pierwiastka. To jeszcze nie przekreślało schematu budowy materii, który przyjmował Demokryt. Atomy chemiczne, które są takimi składnikami ciał, iż nie dają się dalej rozkładać środkami mechanicznymi lub też chemicznymi, nie muszą być jednak atomami w sensie Demokryta, tzn. nie muszą być ostatecznymi,

¹ *Ponad granicami*. Tł. z niem. K. Wolicki. Warszawa 1979 s. 142-143.

² Zob. K. A j d u k i e w i c z. *Język i poznanie*. T. 2. Warszawa 1985 s. 83-89.

prostymi i nierozkładalnymi dalej na części składnikami ciał. I tak w ujęciu E. Rutherforda, twórcy pierwszego w dziejach modelu atomu, atom chemiczny nie jest czymś prostym. Również jądra atomowe nie są ostatecznymi składnikami materii. Atomy chemii mogą się przemieniać dzięki temu, że uchodzą z nich pewne składniki elementarne, które z kolei już jednak żadnej zmianie nie podlegają. Przemiana promieniotwórcza przy pewnej koncepcji budowy jądra atomowego nie wymagała całkowitego rozstania się z tym pojęciem zmiany w przyrodoznawstwie, które pochodziło od Demokryta. W związku z odkryciem ciał promieniotwórczych stało się niewątpliwie jasne, że atomy chemii nie są nierozkładalnymi składnikami materii. Przy takiej jednak zmianie modelu budowy atomu, że składnikami jego jądra nie są protony i elektrony (teza, że składnikami jądra są protony i elektrony, nie wytrzymała konfrontacji z doświadczeniem), ale protony i neutrony, ukazała się wyraziście sprzeczność między promieniotwórczą przemianą pierwiastków i schematem budowy materii przedstawionym przez Demokryta. Zjawisko promieniotwórczości ukazuje, że z jądra atomowego wypromieniowywane są elektrony. Zaprezentowany tu w zarysie – zaakceptowany przez uczonych – model budowy atomu wyklucza obecność elektronów w jądrze atomu. Elektrony, więc jako cząstki elementarne, jako ostateczne i proste składniki materii, powstają w jądrze atomu podczas promieniowania, mają swój początek w czasie. Taki elektron może powstać w wyniku przemiany protonu w neutron. Tak więc cząstka elementarna, jaką jest proton, którą traktujemy jako prosty atom Demokryta, ulega zmianie. Nie jest to jednak zmiana, która polega tylko na wymianie składników lub ich przemieszczeniu. Mamy tu do czynienia ze zmianą jakościową, zmianą absolutną.

Tak więc odkrycie ciał promieniotwórczych spowodowało rewizję poglądów na budowę materii i na proces jej przemiany. Fizycy XX w. musieli również przyzwyczać się m.in. do tego – o czym będzie mowa w dalszej części tego artykułu – aby nie rozpatrywać mikrokosmosu cząstek elementarnych na obraz i podobieństwo makrokosmosu dużych ciał, które są bezpośrednio dostępne zmysłom. Cząstkom elementarnym, przynajmniej do pewnego stopnia, nie mogą już być przypisywane nawet właściwości geometryczne i kinematyczne, jak kształt i ruch w przestrzeni³. Cząstka elementarna fizyki współczesnej jest jeszcze daleko bardziej abstrakcyjna niż atom Demokryta, chociaż w ujęciu Greków atomy już nie mogły mieć takich właściwości, jak zapach, kolor, smak, lepkość, temperatura⁴. Fizyk niemiecki dodaje jeszcze tę myśl, że chcąc wyrobić sobie obraz

³ Zob. W. Heisenberg. *Physics and Philosophy*. New York 1958 s. 70.

⁴ W najnowszych pracach podkreśla się, że teoria cząstek elementarnych nie jest jeszcze zakończona. Większość fizyków traktuje obecnie kwarki jako podstawowe składniki hadronów, tj. cząstek elementarnych średnich i ciężkich (wśród tych ostatnich występują protony i neutrony). Kwarki nie występują jednak w stanie swobodnym. Między nimi zachodzą oddziaływania silne, które pozwalają na ich łączenie się w hadrony. Ogólnie można powiedzieć, że obecnie kwarki i leptony są traktowane jako podstawowe składniki materii (leptony są to lekkie cząstki elementarne, np. elektron i neutrino-elektronowe). Zob. m.in. M. T e m p c z y k. *Fizyka a świat*

sposobu istnienia cząstek elementarnych, nie możemy już w zasadzie abstrahować od procesów fizycznych, dzięki którym dowiadujemy się o tych cząstkach. Kiedy zaś obserwujemy przedmioty z naszego codziennego doświadczenia, proces fizyczny pośredniczący w obserwowaniu odgrywa tylko rolę podrzędną⁵.

Wydaje się, że m.in. ustalenia powyżej przypomniane miał na myśli Heisenberg, kiedy mówił, iż doświadczalne odkrycia minionych dziesięcioleci spowodowały w fizyce współczesnej rewizję jej podstaw. Jasno też widać, że odkrycia fizyki miały wpływ na zmianę niektórych tez filozofii nauki. Głównie w związku z zasadniczą odmiennością mikrocząstek w stosunku do ciał widzialnych Heisenberg zauważa, że problematyczne stało się mówienie o świeżo zbadanych obszarach natury. Kontynuując swą myśl, dodaje, że nie ma w tym nic dziwnego, jeżeli się zauważy, iż język naturalny ukształtował się w obcowaniu ze światem bezpośredniego, zmysłowego doświadczenia⁶. W literaturze niekiedy podkreśla się, że nasze wrażenia i wyobrażenia zmysłowe mogą dotyczyć tylko makroświata, że nie możemy poznać za pomocą narządów zmysłowych ani sobie wyobrazić żadnych zjawisk mikroświata. Autorzy podkreślają, iż czynione próby wyobrażenia sobie cząstek elementarnych, próby wytworzenia zmysłowego ich obrazu, nie wywodzą nas z obrębu makroświata i nie zbliżają do tego, aby ukazać faktyczne funkcjonowanie tych cząstek w mikroświecie⁷. W gruncie rzeczy zjawiska mikroświata nie są dobrze znane. Znane są rezultaty pomiarów związanych z tymi zjawiskami. Fakt, że fizyka współczesna wdziera się w rejony świata niedostępne naszym zmysłom za pomocą niezwykle skomplikowanych i delikatnych przyrządów, wymusza – zdaniem Heisenberga – na fizykach chcących poznać współzależności występujące w przyrodzie czynienie refleksji nad językiem, za pomocą którego można mówić zrozumiale o tych współzależnościach. Jak już wyżej zauważono, zwykły język potoczny nie może dobrze się sprawdzić na tych nowych obszarach dociekań.

Niemiecki fizyk świadom jest faktu istnienia błędów w słownym przekazie myśli, zwłaszcza za pomocą zwrotów języka potocznego. Mówi o takich środkach zaradczych w tym względzie, jak definicje odpowiednich wyrazów i dodatkowe objaśnienia, dzięki którym można uściślać znaczenie słów. Podkreśla również ten fakt, że ograniczoność językowych środków wyrazu zauważyli już filozofowie greccy. O wyraźność treści i ostrość zakresu odpowiednich nazw walczył Sokrates. Arystoteles – w ujęciu Heisenberga – był tym, który podjął badania nad formalną strukturą języka, formami wnioskowania niezależnie od treści zdań. Dzięki tego typu badaniom stworzył logikę naukową. Osiągnął

realny. Warszawa 1986 s. 50, 135-137; M. D e m i a ń s k i. *Unifikacja oddziaływań elementarnych i wielowymiarowa czasoprzestrzeń*. "Człowiek i Światopogląd" 10(261):1987 s. 5-8.

⁵ Zob. H e i s e n b e r g. *Ponad granicami* s. 112.

⁶ Zob. *Część i całość*. Tł. z niem. K. Napiórkowski. Warszawa 1987 s. 30.

⁷ Cenne uwagi w tej materii można znaleźć w pracach E. Grodzińskiego.

w analizie języka stopień dokładności i abstrakcji nie znany poprzednio w filozofii greckiej. Stworzył podstawy języka naukowego⁸. Heisenberg dodaje też, że logiczna analiza języka pociąga za sobą niebezpieczeństwo zbyt dużego uproszczenia i jednostronności w ocenie możliwości językowych. Logika dostarcza języka naukowego, w którym można przeprowadzać precyzyjne wnioskowania, ale nie dostarcza opisu języka żywego, dysponującego bogatszymi środkami wyrazu niż ten język logiki. Często jest jednak tak – dodaje Heisenberg – że pasmo utkane z na wpół tylko świadomych przedstawień, które język potoczny potrafi wywołać, może lepiej oddać sens tego, co chciano wyrazić, niż ścisłe wnioskowanie logiczne⁹. Niemiecki fizyk jest jednak świadom faktu, że w nauce jesteśmy zmuszeni posługiwać się językiem ścisłym, ale – jego zdaniem – nie należy tracić z oczu innych, bogatszych możliwości językowych.

W Heisenberga dociekaniach dotyczących języka nauk przyrodniczych pojawia się też pytanie dotyczące tego, dlaczego w tych naukach musimy domagać się maksymalnej jednoznaczności i precyzji w mówieniu, natomiast nie umiemy korzystać z innych, bogatszych możliwości wyrazu¹⁰. W odpowiedzi na to pytanie niemiecki uczony stwierdza, iż w naukach przyrodniczych chodzi o rozpoznanie uporządkowania w mnogości zjawisk otaczającego nas świata. Innymi słowy – chodzi o to, aby zrozumieć rozmaitego rodzaju zjawiska przez sprowadzenie ich do prostych zasad. Poszczególne zjawisko ma się pojawić jako następstwo prostych praw ogólnych. Te prawa, kiedy są wyrażone w języku, mają z racji swej ogólności i prostoty zawierać niewiele terminów. Z pojęć wyrażonych przez te terminy trzeba wyprowadzić wielką różnorodność możliwych zjawisk. To wyprowadzenie musi być dokładne i nie tylko jakościowe. Heisenberg zauważa przy tym, że pojęcia, a raczej terminy, języka potocznego, które z reguły są niewyraźne i nieostre, nie mogą umożliwić takiej dedukcji. Terminy zawarte w sformułowaniach ogólnych praw nauki przyrodniczej, a ściślej fizyki, muszą być definiowane z najwyższą precyzją, a to – zdaniem Heisenberga – jest możliwe "tylko w ramach jakiejś ścisłej logiki i w ostatecznym rachunku tylko za pomocą abstrakcji matematycznych"¹¹. Niejako komentując to ostatnie zdanie, niemiecki fizyk dodaje, że w fizyce teoretycznej uzupełniamy i uściślamy język potoczny, przyporządkowując terminom podstawowym dla danego obszaru doświadczenia odpowiednie symbole, które można powiązać z faktami, tzn. z mierzonymi wynikami obserwacji. W związku z poznaniem typu fizykalnego Heisenberg z naciskiem podkreślał, iż nowożytni fizycy przyjęli ograniczone pole dociekań. Wiąże się to z wysuniętym przez nich postulatem, że tylko takie twierdzenia mogą być akceptowane, które zostały

⁸ Zob. *Ponad granicami* s. 145.

⁹ Heisenbergowi, jak się wydaje, nie chodziło o wnioskowanie logiczne, ale o ścisły język formalny.

¹⁰ Zob. *Ponad granicami* s. 146.

¹¹ Tamże s. 147.

potwierdzone lub przynajmniej mogą być zweryfikowane przez eksperyment¹². Te twierdzenia muszą być wyrażone za pomocą języka matematycznego. Heisenberg mówi w tym kontekście o uzupełnianiu i uściśleniu języka potocznego schematem matematycznym. Ten schemat matematyczny nazywa matematycznym językiem sztucznym. Prawa fizyki stwierdzające określone zależności są wyrażane w tym języku¹³. Przyjmują one postać równań. Równania te jako obowiązujące bez ograniczeń w całym kosmosie, w określonym obszarze doświadczenia, można zaakceptować wtedy, kiedy udaje się z nich wydedukować wiele zaobserwowanych zjawisk konkretnych jako następstw praw podstawowych. Na przykład opierając się na znajomości warunków początkowych – z odpowiednich równań – można z góry wyliczyć dokładnie moment zaćmienia Słońca, tor wystrzelonego w przestrzeń kosmiczną satelity. Przyjęte równania różnych teorii fizykalnych – mówi niemiecki fizyk – podają matematyczny obraz różnego typu zdarzeń.

Wiele uwagi poświęca Heisenberg związkom, jakie łączą i mają łączyć matematyczny sztuczny język fizyki z językiem potocznym. W mechanice I. Newtona kluczowymi terminami były następujące wyrażenia: czas, masa, przestrzeń, prędkość, siła, położenie, przyspieszenie, ciało. Podstawowe prawa matematyczne mechaniki Newtona bliżej określały te terminy, te wielkości i odpowiednio je łączyły za pomocą symboli operacji matematycznych i symboli stałych logicznych. Po prostu formułowały matematyczne prawidłowości leżące u podstaw wielkiego obszaru zjawisk przyrody. Terminy specyficzne¹⁴ teorii fizykalnej Newtona mają jednak pogładową treść zjawiskową i łatwo mogły wejść do języka potocznego. Były one niejako wkorzenione w doświadczenie i dostarczały odpowiednich punktów widzenia, z których można było dostrzec pewien porządek, jednolite zasady formalne, o co już pytali Pitagoras i Platon. Bez tych kluczowych pojęć, odpowiednio rozumianych, fizyka przez wieki dobrze mogła opisywać tylko to, co poszczególne¹⁵. W związku z pojawieniem się innych teorii fizykalnych zadomowiły się w języku potocznym m.in. takie terminy, jak entropia, pole elektryczne. Były one potrzebne do uporządkowania i zrozumienia zjawisk innych niż te, których dotyczyły pojęcia mechaniki Newtona. Dla ścisłego, ilościowego wyrażenia treści zawartych w pojęciach oddanych za pomocą tych terminów pojawiły się nowe wzory matematyczne, które sprawdzają się w odpowiednim obszarze doświadczenia. Warto dodać, że do języka wszystkich działów fizyki wszedł również termin "energia".

Rodzi się pytanie, dlaczego Heisenberg poświęca wiele uwagi językowi wyobrażeniowemu związanemu z językiem matematycznym teorii fizykalnych. Zostało już pod-

¹² Zob. Heisenberg. *Physics and Philosophy* s. 74.

¹³ Zob. tenże. *Ponad granicami* s. 108.

¹⁴ Zob. R. Wójcicki. *Metodologia formalna nauk empirycznych*. Wrocław–Warszawa–Kraków 1974 s. 32-42.

¹⁵ Zob. Heisenberg. *Ponad granicami* s. 273.

kreślone, że niemiecki fizyk doceniał wartość poznawczą precyzyjnego języka matematycznego, który stosuje fizyka nowożytna i współczesna, ale – wbrew pozytywistom – widział, iż fizyk potrzebuje innego, wspomnianego już, języka wyobraźniowego¹⁶. Uważał bowiem, że schematy matematyczne mogą odtwarzać przyrodę, ale te schematy mają być porównywane z przyrodą, kontrolowane przez przyrodę. Trzeba – podkreślał – w którymś miejscu przejść od języka matematycznego do języka potocznego, jeżeli chcemy coś powiedzieć o przyrodzie. To zaś ostatnie jest zadaniem wszystkich nauk przyrodniczych. Fizyka, zdaniem Heisenberga, składa się nie tylko z eksperymentowania i mierzenia po jednej stronie i z aparatu matematycznego – po drugiej stronie. Do obowiązków fizyka należy również to, aby wyjaśnić za pomocą języka potocznego to, co właściwie dzieje się w tej grze między eksperymentem i matematyką¹⁷. Heisenberg podkreśla, że trudności w rozumieniu teorii kwantów wyłaniają się właśnie w tym miejscu, pomijanym zwykle przez pozytywistów milczeniem. Dodaje też, że fizyk doświadczalny musi móc mówić o swoich eksperymentach, aby je rozumieć. Przy tym używa on terminów fizyki klasycznej, o których wiadomo, że nie pasują dokładnie do całości przyrody, a zwłaszcza do mikroświata.

W celu wzmocnienia swej argumentacji za potrzebą tworzenia języka wyobraźniowego związanego z formalizmem matematycznym mechaniki kwantowej Heisenberg przytacza słowa N. Bohra dotyczące tego, że pełnia prowadzi ku jedności, że prawda mieszka w głębinie. W związku z poruszaną problematyką pełnię tę należy rozumieć jako pełnię doświadczenia, ale również jako pełnię pojęć, różnych sposobów myślenia o zjawiskach przyrody. Jedynie dzięki temu, że o związkach między matematycznymi prawami teorii kwantów mówi się używając coraz innych terminów, że oświetla się je ze wszystkich stron, uświadamia sobie pozorne sprzeczności, możliwe jest wpływanie na zmianę struktury myślenia, będącą warunkiem rozumienia mechaniki kwantowej¹⁸. Heisenberg ustosunkowuje się również aprobowano do innej wypowiedzi Bohra, w której duński fizyk przeciwstawia się autorom uważającym, że teoria kwantów jest niezadowolająca, bo dopuszcza tylko dualistyczny opis przyrody za pomocą komplementarnych terminów "fala" i "cząstka". Zdaniem obu wielkich fizyków teoria kwantów jest jednolitym matematycznym opisem zjawisk atomowych. Ten opis matematyczny może wyglądać niespójnie tylko tam, gdzie jest przekładany na język potoczny w celu opisanie odpowiednich eksperymentów, w których badamy zachowanie się cząstek elementarnych. Z powyższego wyprowadza się wniosek, że teoria kwantów jest wspaniałym przykładem tego, iż można z pełną jasnością zrozumieć jakąś treść i jednocześnie wiedzieć, że potrafi się ją wyrazić tylko za pomocą obrazów i przypowieści. Tymi obrazami i przypowieściami są tutaj terminy fizyki

¹⁶ Zob. t e n ż e. *Część i całość* s. 176.

¹⁷ Tamże s. 263.

¹⁸ Tamże s. 264.

klasycznej "fala" i "cząstka". Nie pasują one dokładnie do całości rzeczywistego świata. W świecie występują obiekty kwantowe zawsze tożsame z sobą. Nie można im jednak dobrze przyporządkować poglądowych słów. Przy opisywaniu zjawiska w przestrzeni trzeba jednak trzymać się języka potocznego, chociaż obrazy tego języka tylko przybliżają do prawdziwego stanu rzeczy.

Trzeba jeszcze dodać, idąc za Heisenbergiem, że wprawdzie cała fizyka opiera się na wynikach drobiazgowo i starannie przeprowadzonych eksperymentów, ale przynajmniej fizyka współczesna jest niezmiernie trudna dla większości eksperymentatorów. Jak już tu zauważono, dzięki środkom technicznym dzisiejszej fizyki doświadczalnej wkraczamy w dziedziny przyrody nie dające się dobrze opisać za pomocą terminów, którymi posługujemy się w życiu codziennym. Jesteśmy więc zdani na abstrakcyjny język matematyki, na obrazy matematyczne fizyka teoretycznego, za pomocą których stara się on uporządkować dane doświadczenia¹⁹. (To jednak wymaga gruntownego wykształcenia matematycznego, które musi mieć fizyk teoretyczny. Temu ostatniemu jest też niezbędna pewna znajomość warsztatu fizyka eksperymentalnego). Dobra teoria mikrofizyki zapisana w języku matematyki pozwala na poprawne wyliczenie, przewidywanie wyników obserwacji. Na przykład opierając się na odpowiednich wzorach, można uzyskać na drodze czysto rachunkowej poprawne informacje na temat zachowania się atomów oraz ich składników. Wprawdzie tylko niektóre wielkości charakteryzujące atom mają ściśle określone wartości, ale za to można wyliczyć odpowiednie prawdopodobieństwa znalezienia się cząstek elementarnych w ściśle określonych miejscach²⁰. Oczywiście jest to nie do pomyślenia w fizyce Newtona, gdzie wielkości, jak położenie, prędkość zawsze otrzymywały określone wartości. Tak więc, ogólnie rzecz ujmując, można powiedzieć, iż rzeczywisty eksperyment tak przebiega, jak przewiduje poprawny teoretycznie rachunek, czyli rezultat eksperymentu można przedstawić matematycznie w sposób trafny²¹. Heisenberg zauważa jednak, że możliwość przewidywania na podstawie matematycznego szkieletu teorii wszystkich zjawisk należących do określonego obszaru nie jest jeszcze rozumieniem tego obszaru doświadczenia. Możliwa jest do pomyślenia taka sytuacja, że ktoś zrozumie określony obszar doświadczenia, chociaż nie potrafi z góry obliczyć wyników przyszłych obserwacji. M. Faraday na przykład ukazał zrozumienie zjawisk elektromagnetycznych, ale sformułował to matematycznie dopiero J. G. Maxwell. Ptolemeusza ujęcie astronomii pozwalało mu dokładnie obliczyć przyszłe zaćmienie Słońca i Księżyca, ale Newton był pierwszym, który zrozumiał ruch planet. Newton zmienił również problematykę. Nie pytał pierwotnie o ruchy, ale o przyczyny ruchów. Wykazał ponadto, że ruch planet, ruch rzuconego kamienia, ruch wahadła, ruch wirującego bąka

¹⁹ Tamże s. 49-50.

²⁰ Zob. J. R a y s k i. *Czas, przestrzeń, kwanty*. Warszawa 1964 s. 105-110.

²¹ Zob. H e i s e n b e r g. *Ponad granicami* s. 121.

rządzi się tym samym prawem, które – z wykorzystaniem symbolu matematycznego, logicznego i typowych pojęć jego mechaniki – przybiera postać następującą: masa \times przyspieszenie = siła. Heisenberg przychyliła się do opinii, że rozumieć przyrodę oznacza tyle, co mieć przedstawienia i pojęcia, za pomocą których potrafi się rozpoznać wielką różnorodność zjawisk jako jednolicie powiązaną, czyli "pojąć". Myśl nasza bowiem uspokaja się, gdy stwierdzamy, że jakaś poszczególna, pozornie zagmatwana sytuacja jest tylko szczególnym przypadkiem czegoś ogólniejszego, co może być prościej sformułowane. Odnoszenie wielobarwnej różnorodności do czegoś ogólniejszego i prostszego można nazwać rozumieniem. A więc rozumieć – według Heisenberga – oznacza rozpoznać powiązania, widzieć to, co poszczególne jako przypadek specjalny czegoś trochę ogólniejszego. Umiejętność rachunkowego obliczania z góry jest często konsekwencją tak pojętego rozumienia, posiadania właściwych pojęć, ale nie jest tym samym, co rozumienie²².

Wiele uwag dotyczących języków fizyki wypowiedział Heisenberg w swoich pracach, w których charakteryzuje teorię atomu Bohra²³. Ostatecznie dochodzi do konkluzji, że możemy w abstrakcyjnym języku matematycznym formułować porządki, obejmujące wielkie obszary mikroświata, ale gdy chcemy opisać poglądowo działanie tych porządków w języku naturalnym, to zdani jesteśmy na różne metafory. Terminy języka potocznego okazują się jakby tępymi narzędziami, które w nowym obszarze doświadczenia nie mogą być – jak już wspomniano – użyte trafnie²⁴. Wyobrażeniowe pojęcia fizyki klasycznej przestały dobrze ujmować nowe treści. Tak więc brak jest odpowiedniego języka, a trzeba mówić poglądowo na temat struktury atomu. Heisenberg wraz z Bohrem nie wykluczają też tego, że utworzą się nowe pojęcia, za pomocą których będziemy mogli jakoś ująć również nieopoglądowe zdarzenia w atomie. Potrzebne są bardziej abstrakcyjne pojęcia, którymi można uporządkować nowe domagające się przedstawienia treści²⁵.

²² Heisenberg doceniał, ale nie przeceniał roli matematyki w rozwoju fizyki. Mówił, że matematyka jest formą, w której wyrażamy nasze ujęcia natury, ale nie jest jego treścią. W procesie powstania fizyki współczesnej odegrała ona tylko podrzędną rolę. Czysto matematyczna spekulacja – zdaniem Heisenberga – staje się bezpłodna w fizyce, ponieważ igrając obfitością możliwych form, nie odnajduje drogi do tych niewielu, zgodnie z którymi przyroda jest rzeczywiście ukształtowana. Czysta zaś empiria staje się bezpłodna, ponieważ na ostatku tonie w mnóstwie opracowań tabularycznych, pozbawionych wewnętrznego związku. Według Heisenberga tylko dzięki współgraniu między obfitością faktów i ewentualnie pasującymi do nich formami matematycznymi możliwe są decydujące postępy w fizyce.

W związku z rozumieniem w fizyce Heisenberg zauważa, że jeszcze na początku XIX w. żywione było przekonanie, iż proces fizyczny rozumie się dopiero wtedy, gdy podane zostanie jego mechaniczne wyjaśnienie. Mechanika wówczas była równoznaczna z przyrodoznawstwem ścisłym.

²³ Na przykład w: *Część i całość* s. 61-62, 93. Zob. też: Z. Z a w i r s k i. *W sprawie indeterminizmu fizyki kwantowej*. Lwów 1931 s. 8-9.

²⁴ Zob. H e i s e n b e r g. *Ponad granicami* s. 148; t e n ż e. *Część i całość* s. 270.

²⁵ Zob. t e n ż e. *Ponad granicami* s. 245, 248; t e n ż e. *Część i całość* s. 62.

Heisenberg w swych pismach wiele uwagi poświęca teoriom względności A. Einsteina. Zachodzi tam potrzeba mówienia o stosunkach przestrzenno–czasowych w wielkiej skali. Do tego nie wystarcza zwykły język potoczny. Niemieckiego fizyka interesuje problem, czy język, za pomocą którego mówimy o eksperymentach związanych z teoriami względności, przystosował się do sztucznego języka matematycznego, trafnie opisującego rzeczywiste relacje zachodzące w przyrodzie. Może bowiem, jak już zauważono, zaistnieć tak sytuacja, że język opisujący eksperymenty odrywa się od sztucznego języka matematycznego tak, że zadowalamy się tylko niedokładnymi wskazówkami słownymi, a kiedy jesteśmy zmuszeni mówić precyzyjnie, czynimy to za pomocą sztucznego języka matematyki²⁶. Niemiecki fizyk podkreśla, że w teorii względności język mówiony przystosował się do sztucznego języka matematycznego. W szczególnej teorii względności, zgodnie z propozycją Einsteina, zawsze dodaje się do słowa "równoczesny" następujący zwrot: "ze względu na określony układ odniesienia". Dzięki temu bezprzedmiotowa stała się kwestia, czy zegar na statku kosmicznym chodzi naprawdę lub też tylko pozornie wolniej niż na Ziemi. Wszystko to jednak zmusiło ludzi do uznania, że świat nie jest "naprawdę" taki, jak każą nam wierzyć pojęcia potoczne.

W związku z ogólną teorią względności Heisenberg przypomina, że geometria pola grawitacyjnego zależy od pola ciężenia. To pociąga za sobą taką konsekwencję, iż rzeczywiste relacje geometryczne zachodzące w świecie mogą być opisane trafnie tylko za pomocą geometrii nieeuklidesowej typu riemannowskiego. Ta geometria z kolei jest bardzo niepogładowa. Geometria Euklidesa w małych obszarach wystarcza również w ogólnej teorii względności do ustanowienia łączności między pogładowymi pojęciami fizyki klasycznej a symbolami sztucznego, teoretycznego języka matematycznego. Fizyk nie odczuwa tu, zdaniem Heisenberga, żadnych trudności, gdy chce mówić o swoich eksperymentach. Eksperymenty te odbywają się zawsze w małych obszarach i krótkich przedziałach czasu nawet wtedy, gdy chodzi w nich o obserwację odległych gwiazd²⁷. Tak więc – podkreśla Heisenberg – i w ogólnej teorii względności język eksperymentującego fizyka przystosował się do sztucznego języka matematycznego. Ogólnie można powiedzieć, że na gruncie całej teorii względności wytworzył się pewien sposób mówienia, pewien język, którym ludzie umieją się porozumieć co do stosunków przestrzennych w wielkiej skali. O wiele poważniejsze trudności z językiem wyobrazeniowym, jak już zauważono, występują w dziedzinie fizyki atomu.

Podsumowując dotychczasowe ustalenia, warto jeszcze przypomnieć, że matematycznie, w sposób dosyć wykończony, mechanika kwantowa jako mechanika falowa została sformułowana w późnych latach dwudziestych²⁸. Ukazano związek wyrażony w języku

²⁶ Zob. t e n ż e. *Ponad granicami* s. 152.

²⁷ Tamże s. 154.

²⁸ Heisenberg uważa, że rozwój teorii względności i teorii kwantów nie jest jeszcze zakończony.

matematyki zachodzący między wieloma zaobserwowanymi eksperymentalnie faktami. Ten związek jest przekonujący dla tych wszystkich, którzy rozumieją abstrakcyjny język matematyki. Nie jest to jednak związek poglądowy i nie jest zrozumiany w szczegółach i racjonalnie dowiedziony²⁹. Teoria kwantów sformułowana w ten sposób zdaje sprawę z procesów mechanicznych wewnątrz atomów. Heisenberg uważa, że od lat trzydziestych rozwinął się również wśród fizyków pewien język wyobrazeniowy, za pomocą którego mówi się o zjawiskach atomowych. Ten język wyobrazeniowy nie przystosował się jednak dobrze do sztucznego języka matematycznego. Ukształtował się bowiem sposób mówienia, w którym do opisu najmniejszych części materii stosuje się na przemian różne, niejako przeczące sobie, komplementarne obrazy poglądowe. Opisując atom, musimy posługiwać się takimi terminami, jak: tor elektronu, gęstość fali energii w określonym punkcie przestrzeni, ciepło dysocjacji itp. Wszystkie te pojęcia należą do fizyki klasycznej w tej mierze, w jakiej mają wyrażać obiektywne procesy w przestrzeni i w czasie. Za pomocą tych terminów opisujemy rezultat obserwacji w mikrofizyce oraz inne eksperymenty. Nie można tych terminów zastąpić innymi terminami poglądowymi, których używania nie ograniczałyby relacje nieoznaczoności czy komplementarności. Precyzyjnie, choć nie wytwarzając zmysłowego obrazu zjawisk atomowych, współczesny fizyk mówi wtedy, gdy posługuje się sztucznym językiem matematyki, a o trafności zawartej tam informacji nie można wątpić z uwagi na dane doświadczalne³⁰. Każdy jednak eksperyment fizyczny musi być opisany terminami fizyki klasycznej.

Po przeprowadzeniu różnych dociekań – częściowo tu ukazanych – dotyczących języka nauk przyrodniczych Heisenberg, żywiąc przekonanie o możliwości całkowitego przystosowania słowa mówionego do sztucznego języka matematycznego w teoriach mikrofizyki, stawia pytanie, dlaczego takie przystosowanie nie dokonało się tutaj samoczynnie, podczas gdy w teorii względności adaptacja języka mówionego do języka ujętego w formuły matematyczne dokonała się sama przez się. Powód tego stanu rzeczy niemiecki fizyk upatruje w tym, że w języku odpowiadającym matematycznemu formalizmowi teorii kwantów nie mogłaby już obowiązywać klasyczna logika arystotelesowska i byłoby konieczne zastąpienie jej logiką innego typu. Tak więc pojawia się u Heisenberga problem logiki mechaniki kwantowej jako logiki związanej z językiem wyobrazeniowym odpowiadającym matematycznemu formalizmowi teorii mikrofizycznej³¹.

²⁹ Zob. Heisenberg. *Ponad granicami* s. 276-277.

³⁰ M. Bunge mówi, że mikrofizyk przyzwyczał się do posługiwania się instrumentem pojęciowym, nie pretendując do jego zrozumienia. Wprawdzie nie rozumie on mikroświata w klasycznym sensie rozumienia, ale osiąga sukcesy, uzyskując za pomocą teorii kwantów przewidywania potwierdzone przez eksperyment. Zob. M. Bunge. *Philosophy of Physics*. Dordrecht 1973 s. 87.

³¹ Zob. Heisenberg. *Ponad granicami* s. 157.

2. W literaturze światowej pojawiło się wiele prac poświęconych logice mechaniki kwantowej. Wielu autorów piszących na ten temat nie uświadamiało sobie tego, że w mechanice kwantowej mamy do czynienia z dwoma językami, tzn. z językiem matematycznym i wciąż tworzonym, udoskonalanym językiem wyobrażeniowym dostosowanym do formalizmu matematycznego. Logika języka matematycznego teorii kwantów jest taka, jaka jest logika języka matematyki. Większość zaś matematyków posługuje się klasycznym rachunkiem logicznym. Tylko niektórzy matematycy używają tzw. logiki intuicjonistycznej. Rodzi się jednak pytanie, czy matematyka oparta na logice intuicjonistycznej może być wykorzystana w fizyce.

Fizyka nowożytna przyjęła, jak już zauważono, ograniczone pole dociekań w stosunku do tego, czego dociekali kontynuatorzy myśli Arystotelesa. Arystoteles w swoich dociekaniach filozoficznych usiłował odpowiadać na następujące pytania: Jaki jest świat? Jak wytłumaczyć, iż rzeczy są takie jakie są? Nowożytni fizycy usiłują również odpowiadać na pytania stawiane przez Stagirytę, tylko w związku z ograniczonym polem dociekań inaczej nieco te pytania rozumieją. W każdym przypadku jest to jakieś ontologiczne podejście do rzeczywistości. W grę wchodzi stan rzeczy bez względu na to, czy jest przez kogoś poznawany i jak poznawany. W takim klimacie myślowym powstała logika Arystotelesa. Z kolei, aby dowodzić niektórych tez swej sylogistyki, opierając się na tzw. sylogizmach doskonałych, Arystoteles zakładał milcząco lub w sposób nie dopowiedziany niektóre prawa klasycznego rachunku zdań³². Jak już podkreślono, ontologiczne podejście w badaniach rzeczywistości było znamienne również dla fizyki nowożytnej, która ponadto chciała wyrazić swe tezy w języku matematyki. W końcu XIX w. zaszła potrzeba dokonania logicznej analizy matematyki, której pewne działy powstały dla potrzeb fizyki nowożytnej. W związku z przeprowadzeniem analiz – odpowiednio ukierunkowanych – skomplikowanych pojęć, twierdzeń i rozumowań spotykanych w matematyce powstał klasyczny rachunek logiczny³³.

W świetle powyższych wywodów staje się rzeczą zrozumiałą, że matematyka wykorzystywana w klasycznej fizyce nowożytnej ma być oparta na klasycznym rachunku logicznym. Może jeszcze powstać wątpliwość, czy matematyka stosowana w mechanice kwantowej nie jest matematyką związaną z logiką intuicjonistyczną. Wypada jednak zauważyć, że logika intuicjonistyczna, gdzie inaczej są rozumiane funktry zdaniotwórcze od argumentów zdaniowych, jest – jak się wydaje – związana w pewien sposób z taką postawą poznawczą, gdzie człowiek chce niejako odnaleźć świat w sobie³⁴. Wchodzi tu w grę perspektywa myślowa właściwa filozofii podmiotu. Przy takim sposobie myślenia

³² Zob. T. K o t a r b i ń s k i. *Wykłady z dziejów logiki*. Warszawa 1985 s. 14.

³³ Zob. K. A j d u k i e w i c z. *Zarys logiki*. Warszawa 1960 s. 7.

³⁴ Logika klasyczna, mówiąc tym językiem, jest związana z taką postawą poznawczą, gdzie człowiek chce odnaleźć siebie w świecie.

oczywistość jest koniecznym i wystarczającym warunkiem zarówno uznania prawdziwości aksjomatów, jak i poprawności dowodów. Przy takim podejściu do zagadnienia jest do pomyślenia sytuacja, że któryś z członków każdej konkretnej pary zdań sprzecznych może okazać się oczywistym dla poznającego podmiotu. Chociaż pewność z tym związana może być niekiedy bardzo subiektywna, to jednak widać możliwość respektowania wymogu logików intuicjonistycznych, iż z każdym zdaniem trzeba wiązać nierozdzielnie refleksję nad sposobem dojścia do uznania tego zdania³⁵.

Wszystko, co można powiedzieć o logice intuicjonistycznej, upoważnia do wniosku, że jeżeli w mechanice kwantowej mamy do czynienia z postawą poznawczą właściwą fizyce nowożytnej, a więc uznającą realne istnienie tego, co jest badane, za rzeczywistość obiektywną w tym sensie, iż jest ona suwerenna wobec podmiotu poznającego, to nie można widzieć matematyki tam stosowanej jako związanej z logiką intuicjonistyczną. Warto dodać, że matematyka stosowana do wykładów uniwersyteckich mechaniki kwantowej jest matematyką opartą na klasycznym rachunku logicznym. Również Heisenberg obowiązywalność innej logiki niż klasyczna upatruje nie w języku matematycznym mechaniki kwantowej, ale – o czym już wspomniano – w języku wyobrażeniowym odpowiadającym formalizmowi matematycznemu. Fizyka – w ujęciu niemieckiego uczonego – ma do czynienia ze wspomnianą rzeczywistością obiektywną, z tzw. przymusem rzeczowym³⁶.

Wypada prześledzić, niezbyt zresztą przejrzystą, argumentację przytaczaną przez Heisenberga za potrzebą innej logiki niż klasyczna w języku przystosowanym do matematycznego schematu teorii kwantów. W logice arystotelesowskiej, którą niemiecki fizyk nazywa logiką życia codziennego, obowiązuje prawo wyłączonego środka. Przyjmuje się też tam dwie wartości logiczne. W logice kwantowej dopuszcza się, iż mogą wystąpić wartości logiczne pośrednie między prawdą a fałszem. Mogą być takie sytuacje, że nie jest rozstrzygnięte, czy zdanie o nich jest prawdziwe lub fałszywe. Heisenberg składa deklarację, iż zwrotu "nierozstrzygnięte" nie należy interpretować jako nieznanomości prawdziwego stanu rzeczy. Niemiecki fizyk dodaje też, że mówiąc o nowej logice, bez zastanowienia, używa się logiki arystotelesowskiej. Przy uzasadnianiu tego twierdzenia posługuje się rozróżnieniem stopni języka. Wyrażenia języka mogą dotyczyć obiektów świata fizyki, np. atomów, elektronów. Można jednak wypowiadać zdania o zdaniach o obiektach itd. Różne stopnie języka mają się różnić tym, że stosowane są tam odpowiednio różne logiki. Nic nie stoi na przeszkodzie, zdaniem Heisenberga, aby korzystać z logiki arystotelesowskiej przy opisie logiki różnych szczebli. Uważa on ponadto, że sytuacja w logice jest podobna do sytuacji w teorii kwantów. Prawa przyrodnicze teorii kwantów

³⁵ Zob. A. G r z e g o r c z y k. *Nieklasyczne rachunki zdań a metodologiczne schematy badania naukowego i definicje pojęć asertywnych*. "Studia Logica" 20:1967 s. 119.

³⁶ Zob. H e i s e n b e r g. *Ponad granicami* s. 105, 250, 264-265.

obowiązują wszędzie, również w sferze zjawisk życia codziennego. Fizyka klasyczna jest jednak zawarta jako graniczny przypadek w teorii kwantów w ten sposób, że przy opisie większych obiektów cechy kwantomechaniczne procesu odgrywają tylko podrzędną rolę i ostatecznie w życiu codziennym można je praktycznie zupełnie pominąć. W podobny sposób klasyczna logika Arystotelesa zawierałaby się jako graniczny przypadek w logice kwantowej i w wielu rozważaniach byłoby w zasadzie dopuszczalne posługiwanie się logiką klasyczną.

Wspomniany fakt związku zachodzącego między fizyką klasyczną a teorią kwantów Heisenberg próbuje tak przedstawić od strony językowej, aby wykorzystać to do ewentualnego zrozumienia logiki mechaniki kwantowej. Podkreśla więc, iż to, że fizyka klasyczna jest zawarta jako przypadek graniczny w teorii kwantów, stanowi warunek możliwości opisu i teoretycznej interpretacji eksperymentów z zakresu fizyki atomu. Wszak w fizyce atomu, o czym już wspomniano, urządzenia używane do eksperymentów są opisywane za pomocą terminów fizyki klasycznej oraz za pomocą takich terminów są komunikowane uzyskiwane wyniki. Tylko dzięki temu fizyka atomu zachowuje jednoznaczność i powtarzalność, tj. cechy, które są uważane za warunek obiektywnego i ścisłego przyrodoznawstwa³⁷. Heisenberg uważa, że relacje podobne do tych, które zachodzą między językiem fizyki klasycznej a mechaniką kwantową, mają miejsce wtedy, gdy rozważamy związki logiki klasycznej i logiki kwantowej. Dla zrozumienia bowiem logiki kwantowej – jego zdaniem – jest sprawą istotną to, że możemy mówić o jej strukturze językiem, który posługuje się logiką klasyczną.

W tym miejscu trzeba zauważyć, iż Heisenberg jest świadom faktu, że znane są różne systemy logik nieklasycznych³⁸. Na ogół w każdym z takich systemów ich metajęzyk rządzi się klasycznym rachunkiem logicznym. Logika kwantowa nie jest jedynym wyjątkiem. Wydaje się też, że klasyczny rachunek zdań, a nie konkurujące z nim systemy logiczne³⁹ obowiązują tam, gdzie mamy do czynienia z ontologicznym nastawieniem badawczym w stosunku do rzeczywistości, gdzie przyjmuje się, iż refleksja ogólnontologiczna jest wcześniejsza logicznie od refleksji metodologicznej czy teorio-poznawczej i stąd jest od tej drugiej niezależna, stanowiąc podstawę jej i całej nauki o świecie⁴⁰. Nie ma powodu, aby wątpić – na co już zresztą zwrócono tu uwagę – że Heisenberga wizja rozwoju fizyki byłaby niezgodna z tymi ostatnimi ustaleniami.

W celu wypowiedzenia, przy końcu artykułu, ogólniejszych uwag oceniających Heisenberga koncepcję logiki mechaniki kwantowej trzeba jeszcze przeanalizować nieco

³⁷ Tamże s. 160.

³⁸ Tamże s. 157.

³⁹ Zwrot "konkurujące z klasycznym rachunkiem zdań systemy logiczne" oznacza takie systemy, w których nie są tezami niektóre tezy klasycznego rachunku zdań, chociaż jednakowy jest język wszystkich tych systemów.

⁴⁰ Zob. G r z e g o r c z y k, jw. s. 118.

dokładniej jego wywody, które mają definitywnie ukazać różnice dzielące klasyczny rachunek logiczny od logiki mechaniki kwantowej. Jak już zostało ustalone, logika mechaniki kwantowej w ujęciu niemieckiego fizyka to logika języka fizykalnego, który jest przystosowany do matematycznego schematu teorii kwantów. W tym języku wyobrażeniowym używa się takich terminów, jak "atom", "elektron", "proton". Wyżej ukazano, że obiekty nazwane za pomocą takich terminów nie mogą być, zdaniem Heisenberga, traktowane na wzór ciał fizyki klasycznej. Wydaje się jednak, że niemiecki fizyk, przeprowadzając wywód potrzebny do obalenia prawa wyłączonego środka, zaczyna mówić o obiektach mikrofizyki jako o pewnych przedmiotach w sensie fizyki klasycznej. Skoro jednak na przykład elektron nie może być wyobrażony na wzór klasycznego obiektu, nie mają sensu takie zdania, jak: "Elektron znajduje się w prawej połowie skrzynki", "Elektron znajduje się w lewej połowie skrzynki".

Należy podkreślić, że język wyobrażeniowy, dostosowany do języka matematycznego teorii kwantów, ma być rozwijany zgodnie z podstawowymi ustaleniami ontologicznymi dotyczącymi fizyki współczesnej. Wydaje się, że cząstki elementarne można ujmować zgodnie z tym, co wcześniej przedstawiono, w sądach stwierdzających zmienianie się, działanie energetyczne czegoś, aczkolwiek bliżej nieokreślonego. Trudno o nich mówić, że znajdują się w jakimś punkcie w przestrzeni. Trudno jest przyjąć tezę Heisenberga, że zmodyfikowana logika związana z teorią kwantów ma prowadzić do zmodyfikowanej ontologii. Kolejność dociekań musi być odwrotna. Refleksja dotycząca najgłębszego poziomu ontycznego fizyki współczesnej ma rzutować na to, jakie terminy wystąpią w języku wyobrażeniowym mikrofizyki. Wydaje się, że w świetle współczesnych ustaleń elektron oraz inne cząstki elementarne należy traktować jako jakieś zdarzenia, jako coś, co bez przerwy działa, zmienia się energetycznie. Przy takim podejściu do zagadnienia problematyczna staje się potrzeba wprowadzania kategorii ontologicznej stanu koegzystencyjnego⁴¹. Trzeba też dodać, że Heisenberg niedostatecznie przekonująco naświetlił to, jak należy rozumieć nowe wartości logiczne poza prawdą i fałszem. Wydaje się też, iż z tego, że zjawisko mikroświata jest niemożliwe do obserwacji, czyli nieokreślone, nie wynika, iż zdaniu o tym zjawisku należy przypisać nową wartość logiczną.

Heisenberg zastanawia się również nad tym, czy kwestie związane z językowym opisem procesów atomowych, z logiką mechaniki kwantowej powinny być przedmiotem zainteresowania tylko fizyków teoretycznych i filozofów nauki, a z kolei fizycy eksperymentatorzy, chemicy mogą nie zajmować się tą problematyką. W tej kwestii dochodzi do wniosku, że praktyk, kiedy rezygnuje z wypowiedzania się o samych atomach,

⁴¹ Stanami koegzystencyjnymi nazywa Heisenberg stany, które odpowiadają zdaniom komplementarnym. Na przykład zdaniu, że elektron znajduje się w prawej lub lewej połowie skrzynki, odpowiada sytuacja, stan nieidentyczny z żadną z obu sytuacji, przy których atom jest w lewej bądź w prawej połowie skrzynki.

a składa tylko sprawozdania ze swych eksperymentów i ich wyników, może nie interesować się wyżej ukazanymi problemami. Kiedy jednak eksperymentator chce mówić o atomach i molekułach lub chce napisać wzór odpowiednich związków chemicznych, czyli chce zrozumieć swe eksperymenty, wówczas musi liczyć się z tym, że stanie wobec wszystkich problemów związanych z językiem wyobraźniowym fizyki współczesnej⁴².

Uwagi niemieckiego fizyka o logice mechaniki kwantowej nawiązują do G. Birkhoffa i J. von Neumanna oraz C. F. von Weizsäckera dociekań dotyczących tej problematyki⁴³. Artykuł G. Birkhoffa i C. F. von Neumanna⁴⁴ rozpoczyna się od stwierdzenia, że jednym z aspektów teorii kwantów jest nowość logicznych pojęć, które ta teoria zakłada. Na początku trzeba zaznaczyć, że autorzy artykułu nic nie mówią o dwóch językach tej teorii mikrofizyki. Nic nie wskazuje na to, aby autorzy zakładali, iż matematyka potrzebna do rachunkowego wyrażenia teorii kwantów bazuje na jakiejś innej logice niż klasyczny rachunek logiczny. Przykłady podawane przez autorów wskazują, że chodzi im o logikę języka wyobraźniowego mechaniki kwantowej. W grę wchodzi w zasadzie tylko odpowiedni rachunek zdań. Autorzy mówią, że rachunki zdań mechaniki klasycznej są algebrami G. Boole'a⁴⁵. W mechanice klasycznej – podkreślają – obowiązują więc również boolowskie prawa rozdzielności dodawania odpowiednich zbiorów względem mnożenia i odwrotnie, które to prawa z kolei, ich zdaniem, nie obowiązują w mechanice kwantowej. Aby wykazać, że prawa rozdzielności załamują się w mechanice kwantowej, autorzy – zakładając, iż zbiór zdarzeń jest ciałem Boole'a⁴⁶ – wprowadzają następujące oznaczenia:

symbol "a"	oznacza eksperymentalną obserwację jakiejś paczki falowej Ψ po jednej stronie płaszczyzny w zwykłej przestrzeni;
symbol "a' "	oznacza obserwację Ψ po drugiej stronie płaszczyzny;
symbol "b"	oznacza obserwację Ψ w płaszczyźnie symetrycznej względem wyjściowej płaszczyzny.

Przy takich oznaczeniach autorzy traktują iloczyny $/b\cap a/$ i $/b\cap a'/$ jako zdarzenia puste, których suma też jest zdarzeniem pustym. Z kolei – ich zdaniem – strona odpowiedniej równości, w której muszą wystąpić wspomniane wzory, nie może być zdarzeniem pustym. Wydaje się jednak, że w tym wywodzie został popełniony błąd. Jeżeli "a" symbolizuje

⁴² Zob. H e i s e n b e r g. *Ponad granicami* s. 164.

⁴³ Heisenberg nie skonstruował żadnego systemu formalnego logiki mechaniki kwantowej. Wypowiedział on ważkie uwagi o takich systemach lub przeprowadził analizy uwag programowych innych autorów, które to uwagi dotyczyły sposobów konstruowania logiki mechaniki kwantowej.

⁴⁴ *The Logic of Quantum Mechanics*. "Annals of Mathematics" 37:1936 s. 823.

⁴⁵ Tamże s. 831. Aby tekst był przejrzystszy z punktu widzenia logiki, autorzy powinni byli mówić, że algebra Boole'a ma interpretację w rachunku zdań, który jest logiką mechaniki kwantowej.

⁴⁶ Zob. J. S ł u p e c k i. *Próba intuicyjnej interpretacji logiki trójwartościowej Łukasiewicza*. W: *Rozprawy logiczne*. Pod red. T. Kotarbińskiego. Warszawa 1964 s. 185-191.

zdarzenie wyżej opisane, to "a' " musi oznaczać niezachodzenie zdarzenia oznaczonego przez "a". Autorzy zmienili sens jednego z działań algebry Boole'a, aby obalić odpowiednie twierdzenia tej algebry. W gruncie rzeczy tekst artykułu ukazuje, że autorzy widzą taką możliwość, iż w języku wyobraźniowym mechaniki kwantowej funktry logiki zdań, które przy odpowiednich interpretacjach można usiłować przyporządkowywać dwóm dwuargumentowym działaniom boolowskim i jednemu jednoargumentowemu, mogą niekiedy być inaczej rozumiane niż koniunkcja, alternatywa i negacja logiki klasycznej. To jednak nie przesądza o tym, że system logiki mechaniki kwantowej ma być konkurencyjny w stosunku do systemów klasycznego rachunku logicznego. Może być tak, że w jednym systemie wystąpi na przykład funktor koniunkcji klasycznie rozumiany i inny funktor koniunkcji jako funktor nieekstensjonalny. Takie systemy konstruował m.in. fiński logik G. H. von Wright⁴⁷.

Trzeba dodać, że jeszcze dwaj inni autorzy – niezależnie od siebie i niezależnie od Birkhoffa i von Neumanna – skonstruowali odmienne rachunki, zwane logikami mechaniki kwantowej⁴⁸. I tak Z. Zawirski usiłował stworzyć odpowiedni system logiki wielowartościowej, uzgodniony odpowiednio z rachunkiem prawdopodobieństwa jako narzędziem badań empirycznych. Osobliwością tej logiki w stosunku do klasycznego rachunku zdań było wprowadzenie większej liczby wartości logicznych. W tej logice tezą nie jest m.in. wzór $p \vee \sim p$ ⁴⁹. Autorowi wydawało się, że utrzymanie zasadniczych twierdzeń mechaniki kwantowej nie da się pogodzić z logiką klasyczną. W nieco innym klimacie myślowym powstała logika mechaniki kwantowej H. Reichenbacha⁵⁰. Zakładał on, że język jego systemu ma być językiem ekstensjonalnym. Mają w nim być zawarte tylko funktry prawdziwościowe, chociaż odrzucał zasadę dwuwartościowości. Logikę Reichenbacha P. Feyerabend ocenił jako heurystycznie niepłodną i służącą maskowaniu słabych stron współczesnych teorii mikrofizyki. W literaturze wykazano, że system Reichenbacha nie spełnia tych kryteriów adekwatności tegoż systemu, który ustalił sam twórca rachunku⁵¹. W literaturze pokazano również, że można dokonać przekładu

⁴⁷ "And Then". "Commentationes Physico-Mathematicae" 32:1966 nr 7 s. 1-11.

⁴⁸ Jeszcze jednej niezależnej koncepcji logiki mechaniki kwantowej można doszukać się w pismach P. Destouches-Févrieria (*La structure des théories physiques*. Paris 1951 s. 30-48).

⁴⁹ Zob. Z. Zawirski. *Les logiques nouvelles et le champ de leur application*. "Revue de métaphysiques et de morale" 39:1932 s. 503-519. Zob. też m.in. S. Kiczuk. *Stosowalność logik wielowartościowych w teoriach fizykalnych w ujęciu Z. Zawirskiego*. "Studia Philosophiae Christianae" 10:1974 nr 2 s. 101-130; t e n ż e. *Zygmunta Zawirskiego koncepcja logiki mechaniki kwantowej*. "Roczniki Filozoficzne" 23:1978 z. 3 s. 75-94.

⁵⁰ *Philosophic Foundations of Quantum Mechanics*. Berkeley-Los Angeles 1948 s. 145-168. Zob. też m.in. S. Kiczuk. *O pewnej próbie przezwyciężenia kazualnych anomalii w mechanice kwantowej*. "Roczniki Filozoficzne" 26:1978 z. 3 s. 53-64.

⁵¹ Zob. D. R. Nilson. *Hans Reichenbach on the Logic of Quantum Mechanics*. "Synthese" 34:1877 s. 352.

trójwartościowego języka Reichenbacha na język logiki dwuwartościowej⁵². Oczywiście obok tych autorów, którzy krytycznie piszą o logice mechaniki kwantowej jako konkurencyjnej w stosunku do logiki klasycznej, są autorzy usiłujący kontynuować to, co zostało zapoczątkowane przez Birkhoffa i von Neumanna albo przez Reichenbacha. Warto dodać, że ani Zawirski, ani Reichenbach nie mówili, że fizyka ma dwa języki. Analiza ich prac ukazuje, że chodziło im o logikę języka wyobraźniowego mechaniki kwantowej.

Podsumowując wszystkie dotychczasowe uwagi, można powiedzieć, że – według Heisenberga – fizyka nowożytna posługuje się dwoma językami. Jednym z nich jest tzw. język matematyczny, który zwięźle opisuje rzeczywiste stosunki zachodzące w przyrodzie, który pozwala obliczać wartości wielkości fizycznych, gdy dane są ilościowe informacje o innych wielkościach. Fizykowi potrzebny jest również język zbliżony do potocznego, za pomocą którego można mówić o eksperymentach i przekazywać zmysłowo uchwytne obrazy natury. Taki wyobraźniowy język łatwo było utworzyć dla formalizmu matematycznego fizyki klasycznej. Według niemieckiego fizyka również w związku z teorią względności wytworzył się odpowiedni język, za pomocą którego można przechowywać uchwytne zmysłowo obrazy kryjące się za precyzyjnymi i związłymi informacjami wyrażonymi w języku matematyki i dotyczącymi regularnych współzależności w obszarze zjawisk badanych przez teorię. Zdaniem Heisenberga trwają poszukiwania takiego języka wyobraźniowego i jego logiki, który byłby dobrze przystosowany do języka matematycznego teorii kwantów. Wydaje się, że systemami formalnymi – wbrew Heisenbergowi i autorom widzącym logikę języka wyobraźniowego mechaniki kwantowej jako konkurencyjną w stosunku do klasycznego rachunku logicznego – mogącymi mieć zastosowanie jako systemy logiczne języka wyobraźniowego mechaniki kwantowej są niektóre, obecnie odpowiednio konstruowane, systemy logik nieklasycznych nadbudowane nad klasycznym rachunkiem logicznym. Te logiki podają prawa rządzące poprawnym użyciem funktorów związanych z kluczowymi terminami występującymi w języku wyobraźniowym teorii fizykalnych. Do takich słów należą niewątpliwie terminy: "czas", "przyczyna", "zmiana" itp.

W tym miejscu należy z naciskiem podkreślić, iż trudno jest wyobrazić sobie taką sytuację, że językiem matematycznym mechaniki kwantowej rządzi klasyczny rachunek logiczny, czemu nie zaprzecza Heisenberg, a językiem wyobraźniowym przystosowanym do tego formalizmu matematycznego rządzi logika, która odrzuca niektóre prawa klasycznej logiki zdań. Może być natomiast tak, że bogatszy język wyobraźniowy jest oparty na systemie logicznym rozszerzonym w stosunku do logiki klasycznej. Nic nie stoi na przeszkodzie, aby w języku wyobraźniowym mechaniki kwantowej były użyte wysoce abstrakcyjne terminy, które pociągałyby nieco inne pogładowe obrazy niż te, które kryją

⁵² Zob. M. S t r a u s s. *Two Notes on H. Reichenbach's Logic of Quantum Mechanics*. W: *Modern Physics and Its Philosophy*. Dordrecht 1972 s. 288-290.

się za słowami zwykłego języka potocznego. Mając to wszystko na względzie, wydaje się też, iż ma rację A. A. Zinoviev, kiedy pisze, że współczesna kultura ma zapotrzebowanie na tajemnicę i niezrozumiałość. W takim klimacie myślowym wielkie odkrycia fizyki są interpretowane nie tylko jako rewolucja w poglądzie na przyrodę, ale jako rewolucja w logicznych podstawach nauki, która każe odrzucać niektóre prawa logiki klasycznej. Zagadnienie obowiązywalności praw klasycznego rachunku zdań – o odrzucanie takich praw m.in. chodzi również w związku z Heisenberga ujęciem logiki mechaniki kwantowej – jest zagadnieniem trudnym. Musi ono jednak być współcześnie podejmowane z uwagi na fakt powstawania wielu konkurujących rachunków formalnych, pretendujących do miana systemów logicznych.

THE LANGUAGE OF MODERN PHYSICS
AND THE PROBLEM OF LOGIC OF QUANTUM PHYSICS
ACCORDING TO WERNER HEISENBERG

S u m m a r y

The problem of the logic of quantum mechanics quite mysterious up to now has been dealt with in different works and discussions and at various conferences. What makes the discussion more difficult is the fact that various authors do not perceive that quantum mechanics has two languages. It has already been stated by W. Heisenberg that the language of mathematics and the imaginary language in which one can convey the image of nature grasped by senses occur in every physical theory. In his opinion, it is hard to create an imaginary language in quantum mechanics. The logic of quantum mechanics is competitive to classical propositional calculus, i.e. it discards some theses of classical logic, and that is why according to the German physicist it is just a logic of the imaginary language of quantum mechanics. Heisenberg's views on the language of physics and its logic are analyzed, commented on, evaluated and presented here against the broader background. The author attempts, though shortly, to prove that the logic of the imaginary language of quantum mechanics does not have to be competitive to classical propositional calculus and can be an extension of the latter.