

**Z książki Romana Stanisława Ingardena:
„Studia i szkice z historii i filozofii fizyki”
(Toruń 1994, Wyd. Uniwersytetu Mikołaja Kopernika)**

[Str. 143-144]

Rozdział VI

MIECZYŚLAW WOLFKE, WOJCIECH RUBINOWICZ I POCZĄTKI OPTYKI KWANTOWEJ

Mieczysław Wolfke (1883 -1947) był prezesem Zarządu Głównego PTF w latach 1930—1934 (4 lata), a poprzednio Przewodniczącym Oddziału Warszawskiego. Wojciech Rubinowicz (1889-1974) zaś był prezesem PTF w latach od 1949 do 1952 i w latach 1961—1973, w sumie 15 lat. Obaj byli znakomitym fizykami i wniesli wielki, oryginalny wkład w rozwój fizyki światowej. Tak się złożyło jednak, że w obu wypadkach niektóre, bardzo istotne elementy tego wkładu ujawniły się wyraźniej dopiero po latach i nie zawsze są dostatecznie znane, nawet dzisiaj. W obu przypadkach chodzi przy tym o bardzo zasadnicze składniki tego, co nazywamy dzisiaj optyką kwantową. Wolfke był prekursorem idei holografii, której zasadniczą myśl sformułował na 19 lat przed pierwszą pracą Wiliama Lawrence’a Bragga, a na 28 lat przed pierwszą pracą Denisa Gabora na ten temat (obaj nobliści). Rubinowicz przyczynił się w istotny, choć pośredni, sposób do powstania idei pompowania optycznego. O tej ostatniej sprawie w następujący sposób opowiedział Alfred Kastler, odkrywca tego pompowania i laureat Nagrody Nobla, występując w roku 1968 na Arnold Sommerfeld Centennial Memorial Meeting w Monachium. Tłumacząc z niemieckiego, gdyż Kastler, który swój referat wygłosił po angielsku, dodał te słowa w zakończeniu specjalnie w języku niemieckim, mówiąc: „Jako młody student Ecole Normale Supérieure w Paryżu otrzymałem pierwsze wprowadzenie do teorii kwantowej od mojego uwielbianego nauczyciela Eugeniusza Blocha. Ponieważ — podobnie jak on — pochodziłem z Alzacji i znałem język niemiecki, poradził mi przeczytanie książki Sommerfelda *Atombau und Spektrallinien*. W czasie mojej podróży do Niemiec w jesieni 1922 r. kupiłem więc trzecie wydanie tej książki, które się właśnie ukazało i które przykuło moją uwagę jak intrygująca powieść. Szczególnie przyciągnęły mnie rozważania rozdziału piątego, w którym Sommerfeld wyjaśnia zachowanie momentu pędu w oddziaływaniu między promieniowaniem a atomem i gdzie pokazuje, jak ta zasada zachowania doprowadziła jego współpracownika W. Rubinowicza do reguł wyboru i reguł polaryzacji. To naprowadziło mnie później na myśl, aby użyć światła kołowo spolaryzowanego do przeniesienia momentu pędu ze światła na atomy i to właśnie jest podstawową zasadą pompowania optycznego”. Kastler dodaje: „Nie miałem szczęścia poznać osobiście Arnolda Sommerfelda. Pana profesora W. Rubinowicza, który pracował w Monachium u Sommerfelda, poznałem po II wojnie

światowej w Warszawie i przy każdej podróży do Polski doznawałem gościnności jego domu. Mój ukochany nauczyciel Eugeniusz Bloch został w roku 1943 uprowadzony przez gestapo i zginął w Oświęcimiu”. Być może nie tylko ze względu na Sommerfelda i Monachium, ale także ze względu na to zakończenie, użył Kastler języka niemieckiego, by być szczególnie dobitnie zrozumiany przez Niemców, a niekoniecznie przez innych. W pewnym sensie ucierpiał jednak na tym Rubinowicz, gdyż większość uczestników tego wielkiego międzynarodowego sympozjum fizyki atomów jedno- i dwuelektronowych prawdopodobnie języka tego nie znała. Nie jest to jednak jedyne miejsce, w którym Kastler powołał się wyraźnie na Rubinowicza. W swoim wielkim artykule przeglądowym o pompowaniu optycznym w *Progress in Optics* z 1966 r. pisze we wstępie: „Zmiana populacji wytworzona przez pompowanie optyczne wiąże się nie tylko ze zmianą energii układu atomowego, ale także ze szczególną (peculiar) zmianą momentu pędu. Moment pędu jest przekazywany od światła do układu atomów. Zasada zachowania momentu pędu w oddziaływaniu światła z materią została wprowadzona do fizyki atomowej we wczesnych dniach starej teorii kwantów przez W. Rubinowicza”. I tu cytuje jego prace z 1918 r. Również w odczycie wygłoszonym przy otrzymaniu Nagrody Nobla w Sztokholmie w roku 1966 Kastler wymienił Rubinowicza jako swego inspiratora w tym zagadnieniu.

[..]

[Str. 242-251]

3. TRIUMF PARADOKSU

Model atomu Bohra znany jest każdemu fizykowi, należy on też chyba do programu szkoły średniej, nie widzę więc potrzeby omawiania go tu, chociaż tzw. starsza teoria kwantów nie jest już chyba wykładana na żadnym uniwersytecie. Wojciech Rubinowicz (1889—1974) był prawdopodobnie ostatnim z profesorów fizyki teoretycznej, nie tylko w Polsce, który teorię tę systematycznie wykladał jako wstęp do mechaniki kwantowej. Dzisiaj można to ujęcie znaleźć, poza raczej historycznymi już książkami Sommerfelda, głównie w świetnym podręczniku mechaniki kwantowej Rubinowicza. W wydaniu polskim [14] materiał ten obejmuje aż 40% tekstu, podczas gdy w skądinąd rozszerzonym wydaniu angielskim [15] został zredukowany do 6%, prawdopodobnie na wyraźne życzenie wydawcy. Pamiętam dyskusję na ten temat z prof. Rubinowiczem. Był w niej dosyć nieustępliwy. Uważał, że nie można dobrze zrozumieć mechaniki kwantowej bez znajomości, i to gruntownej, starszej teorii kwantów. Było w tym z pewnością historyczne uwarunkowanie, bo przecież taka była jego własna droga zrozumienia i na tej drodze właśnie osiągnął swoje najważniejsze wyniki naukowe, które go rozstawiły w świecie. Starłem się go przekonać, że nie ma jednak w tym punkcie racji, że starsza teoria kwantów z dzisiejszego punktu widzenia jest po prostu błędna, że zawiera sprzeczności logiczne, że jest to droga

zarzucona, boczna. Rubinowicz był jednak innego zdania. Uważał, że droga do prawdy fizycznej wiedzie przez przewyżnianie prawdziwych trudności i sprzeczności, że jest to droga historyczna, a nie wydumana ex post. Rubinowicz napisał w swoim podręczniku [14] s. 90: „Teoria fizyczna może uzyskać powszechne uznanie wśród fizyków tylko wówczas, jeśli przedstawia zupełnie zadowalająco całokształt faktów doświadczalnych. I to stanowi jej wartość nieprzemijającą, zupełnie niezależnie od tego czy jej poglądy uważać należy obecnie za słuszne, czy też nie. [...] Chociaż z punktu widzenia nowej teorii przedstawia ona rzeczywistość niepoprawnie, mimo to możemy posługiwać się nią przy opisywaniu faktów w pewnym przez nową teorię ściśle określonym zakresie zjawisk fizycznych. [...] Z tego punktu widzenia nasuwa się pytanie: gdzie znajduje się granica stosowalności fizyki klasycznej i nowej fizyki kwantów. Na to pytanie dają nam odpowiedź dwie zasady teorii kwantów: zasada odpowiedzialności (czyli korespondencji) i zasada adiabaticzna. [...] Zasada odpowiedniości odgrywała w rozwoju starszej teorii kwantów rolę niezmiernie ważną, rolę arbitra we wszelkich sprawach subtelnych, w których dosłowne stosowanie teorii układów wielokrotnie periodycznych prowadziło do wyników niezgodnych z doświadczeniem. Tym sposobem utorowała ona drogę do zwycięskiego pochodzenia mechaniki kwantowej Heisenberga, a więc nowszej teorii kwantów. Nawet w nowszej teorii kwantów używamy jej jako przewodnika do przewidywania i sprawdzenia wyników dociekań teoretycznych. Musimy więc ją zaliczyć do trwałych osiągnięć teorii kwantów [...] Punktem wyjścia Bohra [...] przy formułowaniu zasady odpowiedniości [dodajmy: jako wyjścia ze ślepej uliczki swojej własnej teorii] był przypadek graniczny stanów kwantowych odpowiadających wielkim liczbom kwantowym, gdzie jak np. w przypadku atomu o jednym elektronie, zmieniają się wraz z liczbami kwantowymi stosunkowo dość powoli wszystkie własności stanów kwantowych, w szczególności też i ich poziomy energetyczne. [...] Na tym fakcie oparł Niels Bohr pierwotny postulat zasady odpowiedniości żądając, aby również nieznane wówczas jeszcze prawa kwantowe, rządzące natężeniem i polaryzacją linii widmowych zbliżały się dla wielkich wartości liczb kwantowych [...] a dla małych ich różnic [...] asymptotycznie do odnośnych praw fizyki klasycznej. Zgodność ta powinna istnieć pomimo zasadniczych i niezacierających się asymptotycznie różnic w mechanizmie powstawania światła w obu teoriach”. Gdy wglębimy się w te słowa mego starego mistrza uświadamiamy sobie jak głęboko rozumiał on fizykę i jej metodę, mimo że przecież z usposobienia i wykształcenia był raczej fizykiem matematycznym, a niekiedy nawet czystym matematykiem. Zabawnie może brzmieć np. dla kogoś wychowanego przez filozofię neopozytywizmu wyrażenie „sprawy subtelne” jako wyszukana nazwa po prostu na twierdzenia fałszywe, niezgodne z doświadczeniem, co w myśl filozofów w rodzaju Poppera znaczy faktycznie, że teoria już została sfalsyfikowana i można się nią dalej nie zajmować. Jednak fizycy kwantowi z Bohrem i Sommerfeldem na czele pracowali cierpliwie z modelem Bohra przez długie 12 lat, chociaż dobrze wiedzieli, że „ogólnie” jest on fałszywy. Bohr wiedział o tym niemal nazajutrz po swoim sukcesie z atomem wodoru. Powrót do fizyki klasycznej był już jednak dla nich niemożliwy — byli o tym całkowicie przekonani — a

droga naprzód nie była jeszcze oczyszczona, brakowało ogniwa, które znalazł Heisenberg dopiero w sierpniu 1925 roku. Cofnijmy się jednak jeszcze do owego kwietnia 1913 roku, który słusznie uważa się za początek fizyki atomowej i tak był obchodzony w Kopenhadze co 10 lat przez uczniów i współpracowników Bohra. Praca O budowie atomów i molekuł [13] była piątą publikacją Bohra (po dwóch na temat napięcia powierzchniowego, jednej drobnej o teorii elektronowej i jednej o rozpraszaniu cząstek naładowanych wykonanej w Manchesterze). Prowadził wtedy jako docent prywatny wykład o mechanicznych podstawach termodynamiki. Równoległe myślał o kontynuacji swej pracy rozpoczętej w Manchesterze związanej z planetarnym modelem atomu Rutherforda. Powoli uświadomił sobie fakt, którego nie dostrzegał jeszcze Rutherford, że „mianowicie model atomu Rutherforda i zasady elektrodynamiki klasycznej nie mogą być równocześnie prawdziwe” (cytuję tutaj słowa Rubinowicza z [14] s. 31). Kierkegaard w swoim Dzienniku uwodziciela [9] s. 510: pisze „Często przedmiotem moich rozmyślań było pytanie, jaką sytuację, jaki moment należy uważać za najbardziej uwodzicielski?” Trawestując tę myśl zapytajmy jaką sytuację, jaki moment należy uważać za najbardziej odkrywczy w życiu Bohra, a być może nawet w dziejach całej fizyki współczesnej? Wydaje się, że owa „godzina gwiazdowa” (Sternstunde) w terminologii Stefana Zweiga [17] wystąpiła w marcu 1913 r., gdy Niels Bohr zastanawiał się nad problemem sformułowanym w zakończeniu swego listu do Rutherforda, wraz z którym posyłał mu pierwszą część swojej pracy z prośbą o dyskusję i przedstawienie pracy do druku w Philosophical Magazine. Bohr zapytuje tam swego najnowszego mistrza (pracowali ze sobą dotychczas tylko przez 3 miesiące, Rutherford zdobył sobie jednak u Bohra ogromny autorytet naukowy) jak należy postąpić z „delikatnym problemem” równoczesnego wykorzystania mechaniki klasycznej i teorii promieniowania Plancka? Wyrażenie Bohra „delikatny problem” przypomina „subtelne sprawy” Rubinowicza, o których mówiliśmy przed chwilą. Sam sposób mówienia wskazuje na to, że nie chodzi o to w tym momencie, aby uderzyć jakby „młotem logicznym” Kierkegarda, „tak” lub „nie”, „albo” — „albo”, (enter-eller), ale przeciwnie, o jakieś przewrotne, ostrożne, ale przecież w istocie niezmiernie śmiałe, bo świadome, „zawiśnięcie na skrzydłach myśli”, jakby się można poetycko wyrazić, nad otchłanią sprzeczności otwierającą się pod nogami. Czy Bohr przeskoczył nad tą przepaścią, czy uniósł się w powietrze, można się spierać. Sądzę, że raczej druga przenośnia jest bardziej trafna, gdyż dokonał na wiele lat owego „zawieszenia myśli”, które w nieco innym kontekście najczęściej nazywamy paradoksem. Po grecku παράδοξος, paradoksos znaczy „niespodziewany, niegodny wiary, niepojęty, dziwny, osobliwy, cudowny, niedorzeczny”, dosłownie „poza opinią”, „obok, poza, przy” i „pojęcie, zdanie, mniemanie, opinia, u filozofów: pojęcie, zdanie, tudzież: przesąd, przewidzenie, urojenie” (są to sformułowania ze Słownika grecko-polskiego Zygmunta Węciewskiego). Słynny The Concise Oxford Dictionary of Current English (1956) formułuje zaś definicję tego pojęcia następująco: „Paradoks, stwierdzenie sprzeczne z powszechnie przyjętą opinią; stwierdzenie z pozoru absurdalne, chociaż w istocie być może uzasadnione; stwierdzenie, osoba, rzecz sprzeczna sama w sobie, z natury absurdalna,

sprzeczna ze z góry przyjętymi sądami dotyczącymi tego, co sensowne lub możliwe.” Jakże dokładnie pasują te określenia do tego, co zaproponował Niels Bohr w swojej pracy z kwietnia 1913 r. Nie użył wprawdzie enter-eller Kierkegaarda, ale posłużył się jego nieodpartą bronią — paradoksem, na który przynajmniej na razie nie ma odpowiedzi, gdyż każda odpowiedź jest porażką. Taką porażką była też, mimo wszystkich pozorów słuszności, odpowiedź Rutherforda na list Nielsa, [2] s. 57: „Pańskie idee na temat przyczyn powstania widma wodoru są bardzo bystre i wydają się dobrze przemyślane. Jednak łączenie idei Plancka ze starą mechaniką tworzy znaczne trudności przy rozumieniu tego, co jest jednak podstawą całego rozumowania. Stwierdziłem poważną trudność w związku z Pańską hipotezą, z której z pewnością zdaje Pan sobie sprawę. Trudność ta polega na pytaniu w jaki sposób może wiedzieć elektron z jaką częstością ma drgać przy przejściu z jednego stanu do drugiego? Wydaje mi się, że musi Pan założyć, że elektron wie z góry, gdzie zamierza się umieścić”. Gdy cytujemy te zdania natychmiast przypominają się zacytowane poprzednio opinie fizyków stanowiące reakcję na idee Bohra z r. 1913, które również podkreślały nielogiczność lub nawet absurdalność tych idei. Reakcja taka, jak widzieliśmy, leży w definicji pojęcia paradoksu. Jest ona jednak bezsilna wobec siły prawdy w paradoksie zawartej. Oczywiście prawdę tę trzeba jeszcze z paradoksu wyłuskać, ale jest to na ogół co najmniej równie trudne jak samo sformułowanie paradoksu. W danym przypadku dalszy rozwój fizyki potwierdził, że tak jest. Że idea Bohra zmieniała wiele utrwalonych pojęć fizyki, jak np. pojęcie deterministycznej przyczynowości (której naruszenie słusznie dostrzegł Rutherford), wiemy dziś dobrze. Doświadczenie w tym przypadku rozstrzygnęło jednak na korzyść Bohra, przeciw starym pojęciom. Mimo swoich uwag krytycznych Rutherford przedstawił jednak artykuł Bohra do druku. Artykuł ten stał się natychmiast tak popularny w świecie fizyków, że redakcja Philosophical Magazine zdecydowała się nie ogłaszać dat wpłynięcia następnych artykułów Bohra do redakcji, aby ukryć fakt ich przedstawienia w kolejności jako najbardziej aktualnych i ważnych komunikatów naukowych (choć prawdę mówiąc artykuły te nie zawierały już takich sensacji jak pierwszy). Sławy takiej nie osiągnęły w swoim czasie prace Plancka o kwancie działania (1900) i prace Einsteina o pojęciu fotonu (1905), na których Bohr się oparł. Prace te traktowano wówczas powszechnie jako bardzo specjalne i dosyć zagadkowe, wielu wybitnych fizyków (jak np. Poincare) nawet o nich nie słyszało do czasu pojawienia się pracy Bohra. Choć był to „dopiero” paradoks, nastąpiła „już” rewolucja pojęciowa (podobnie jak za sprawą Kopernika, choć wówczas proces ten trwał stulecia). Był to więc taki triumf paradoksu, jakiego raczej nie znają dotychczasowe dzieje fizyki.

4. RUBINOWICZ W KOPENHADZE

O pobytach Rubinowicza u Nielsa Bohra i ich wzajemnych stosunkach napisałem dosyć obszernie w trzeciej części mego szkicu biograficznego o Wojciechu Rubinowiczu [15]. Nie chciałbym się tutaj powtarzać, poza krótkim przypomnieniem najistotniejszych elementów, skoncentruję się więc na niektórych uzupełnieniach opartych na oryginalnej korespondencji Bohra. Kontakt z tą oryginalną

korrespondencją sprawił, że, choć nigdy Nielsa Bohra nie widziałem, od tego czasu odnoszę wrażenie jakbym go znał osobiście. Znałem go za pośrednictwem mego nauczyciela, także dzięki licznym rozmowom z prof. Rubinowiczem na temat jego kontaktów z Bohrem. Wszystko to sprawiło, że mimo braku czasu z przyjemnością zgodziłem się mówić i pisać o Nielsie Bohrze. Niels Bohr był starszy o niecałe trzy lata od Rubinowicza, byli więc prawie rówieśnikami, od 1913 r. był już jednak Bohr sławą światową. Ale i Rubinowicz stał się szeroko znany wśród specjalistów i to trochę w związku ze sławą Bohra, gdyż dzięki odkryciu reguł wyboru i polaryzacji promieniowania w pracy pt. Warunki częstości Bohra i zachowanie momentu pędu opublikowanej w r. 1918 [8]. Była to czwarta publikacja Rubinowicza, a piąta praca, jeśli liczyć jego nie opublikowaną pracę doktorską, i pod tym względem był więc w podobnej sytuacji co Bóbr. Co do ważności praca o zachowaniu momentu pędu stoi chyba na pierwszym miejscu w całym znakomitym dorobku naukowym Rubinowicza, w każdym razie z fizycznego punktu widzenia. Nie łatwo być jednak odkrywcą nowych zasad, zawsze znajdzie się jakiś konkurent lub konkurenci. W tym przypadku konkurentem był poniekąd właśnie Bohr. We wspomnianej pracy Rubinowicz podał szczegółowe reguły wyboru i polaryzacji dla magnetycznej i azymutalnej liczby kwantowej dla elektrycznego promieniowania dipolowego, czego Bohr nigdy nie zrobił, chociaż naszkicował pewne ogólne zasady tych reguł (we wspomnianej pracy o zasadzie korespondencji z r. 1918). W późniejszych pracach swoich i swoich uczniów (przede wszystkim Jana Blatona i Bazylego Milianczuka) opierających się już na mechanice kwantowej, Rubinowicz podał reguły wyboru dla magnetycznego promieniowania dipolowego, elektrycznego i magnetycznego promieniowania kwadrupolowego oraz ogólnie dla promieniowania multipolowego. Prace te znalazły znakomite potwierdzenie doświadczalne, m.in. też przez Polaków, Henryka Niewodniczańskiego i Stanisława Mrozowskiego.

Rubinowicz wierzył w absolutne znaczenie zachowania momentu pędu, podczas gdy Bohr uwałił je tylko za prawo asymptotyczne ważne, ściśle tylko w fizyce klasycznej, a w kwantowej tylko dla dużych liczb kwantowych w sensie zasady korespondencji. Jeszcze w r. 1924, niedługo przed ukazaniem się mechaniki kwantowej, w pracy z Kramerssem i Slaterem [19], Bohr wysunął koncepcję statystycznego tylko zachowania energii w układach izolowanych w fizyce kwantowej. Wówczas i Rubinowicz był już skłonny przychylić się do zdania Bohra, jak wynika to z jego wykładu inauguracyjnego na Politechnice Lwowskiej w r. 1924 [20], w którym napisał: „pracy [19], która się dopiero co ukazała, a jednak wielki już podziw wzbudziła, udało się Bohrowi wcielić wszystkie zjawiska optyczne w ramy teorii kwantów i wznieść w ten sposób wspaniałą budowlę [...] Ponadto wykazał Bohr w tej pracy, że zasady zachowania pędu i energii (tworzące w fizyce relatywistycznej jedną całość) nie są spełnione w fizyce atomistycznej przy zjawiskach promieniowania. Z tego wynika, że i w fizyce makroskopowej nie przedstawiają się te zasady — w przeciwieństwie do założeń dotychczasowej fizyki — jako prawa zachodzące zupełnie ściśle przy każdym zjawisku fizycznym. Odchylenia od tych praw są jednak tak małe, że dotychczasowe środki

doświadczalne nie pozwalają nam jeszcze, jak to odnośnie do zasady zachowania energii Schrödinger (Die Naturwissenschaften, tom 14, s. 720, 1924) wykazał, ich w ogóle stwierdzić”. Jednakże okazało się już niedługo później, że pierwotne stanowisko Rubinowicza, wbrew Bohrowi, było słuszne. W mechanice kwantowej prawa zachowania energii, pędu i momentu pędu są zachowane ściśle, a nie tylko statystycznie, łączy się to bowiem z teorią grup, z zachowaniem symetrii (dopiero znacznie później okazało się, że w zjawiskach jądrowych i prawa symetrii mogą być spontanicznie złamane, łączy się to jednak ze specyficzną symetrią oddziaływań jądrowych). Zarówno Bohr, jak i Rubinowicz chcieli się ze sobą zetknąć osobiście, aby przedyskutować swoje wyniki i nieco różne podejścia. Bohr pierwszy wystąpił z tą inicjatywą przesyłając na początku r. 1919 swoje prace i zaproszenie do Czerniowca, gdzie wówczas Rubinowicz przebywał. Niestety przesyłka ta nie zastała już Rubinowicza w Czerniowcach i wówczas Bohr napisał do Wiednia do prof. J. Geitlera, dawnego profesora Rubinowicza, z prośbą o ułatwienie kontaktu z nim. List ten jest pierwszym z kolekcji 32 zachowanych listów Bohra do Rubinowicza, 20 listów z tej kolekcji przypada na okres 1919—1922, pozostałe obejmują cały dalszy okres życia Bohra, prawie do jego śmierci w listopadzie 1962 r. (ostatni list nosi datę 17 kwietnia 1962 r.). Rubinowicz miał możliwość przebywać przez dłuższy okres, w Kopenhadze na zaproszenie Bohra, jak wielu innych współpracowników nowo powstającego Instytutu Fizyki Teoretycznej (Instytut ten powstał formalnie, jak już mówiliśmy, w r. 1916, ale otrzymał nowo wybudowany gmach dopiero w r. 1920). Jednak skomplikowane problemy życiowe Rubinowicza w tym okresie (małżeństwo, konieczność zdobycia stałej posady) utrudniły realizację tych pięknych planów. Przeszkody te spowodowały, że chociaż Rubinowicz jest jedynym Polakiem, który znalazł się na głównej scenie fizyki w tym dramatycznym okresie jej przełomu, to jednak nie pozostał długo w grupie jej pierwszoplanowych aktorów. Wprawdzie nie spadł do kategorii statystów, ale po prostu skrył się skromnie za innymi. Przebywając w Lublanie i Lwowie nie mógł już z natury rzeczy brać tak żywego udziału w życiu naukowym, jaki był możliwy w centrach ówczesnej fizyki, w Kopenhadze, Getyndze, Monachium, gdzie praca naukowa polegała nie tyle na publikacjach, co na dyskusjach i prywatnej korespondencji. Rubinowicz przebywał wówczas w Kopenhadze dwukrotnie, w 1920 i 1922 r., za każdym razem około 6 miesięcy, wliczając w to okres wakacji wielkanocnych i letnich, gdy większość pracowników i gości rozjeżdżała się. Było to przed i po zakończeniu pracy w Lublanie, przed przyjazdem do Lwowa. W r. 1922, w czasie pobytu Rubinowicza w Kopenhadze, Bohr otrzymał nagrodę Nobla „za badania struktury atomów oraz emitowanego z nich promieniowania”. Zwiększyło to bardzo jego prestiż naukowy (równocześnie nagrodę Nobla otrzymał A. Einstein, formalnie za rok 1921, „za zasługi dla fizyki teoretycznej, a w szczególności za odkrycie prawa efektu fotoelektrycznego”). Spowodowało to częste wyjazdy Bohra z Kopenhagi i jego obłędzenie przez zbyt wielu rozmówców. Za pierwszym zaś pobylem Rubinowicza Bohr był ogromnie zaabsorbowany budową i organizacją nowego instytutu. Wszystkie te czynniki spowodowały, że bez winy Rubinowicza, pobyty te nie były tak owocne, jak mogłyby być w

innych warunkach. Zresztą i sam Rubinowicz przyczynił się, może nieświadomie, do ich bezpośrednio malej efektywności. Przed i częściowo w czasie pobytu w Kopenhadze pracował nad innymi zagadnieniami, głównie z teorii dyfrakcji, które nie interesowały Bohra. Odczyty, które Rubinowicz wygłaszał w Kopenhadze za każdym razem po przyjeździe, nie dotyczyły problematyki kwantowej, co mogło trochę zniechęcić Bohra, chociaż bardzo te odczyty chwalił. Oprócz trudności natury raczej zewnętrznej, istniała też między Bohrem a Rubinowiczem poważna różnica temperamentu naukowego i stylu myślenia. Rubinowicz był fizykiem matematycznym w stylu, powiedzmy, młodego Sommerfelda, Bohr miał zaś zupełnie inne podejście do fizyki. Rubinowicz charakteryzuje je w następujący sposób: „Bohr opanował matematykę bardzo dobrze, starał się jednak zawsze przedstawić swoje rozważania bez matematyki”. Rubinowicz, który zawsze starał się w maksymalnie jasny sposób wyrażać swoje myśli, nie mógł się łatwo pogodzić z takim stylem pisania i mówienia Bohra. Chociaż często podkreślał skromność, prostotę i bezpośredniość zachowania się Bohra, napisał też o nim: „Myślę, że było to uwarunkowane świadomością swojej wielkości, że swoich prac nie pisał w sposób łatwo zrozumiały. Myślał zawsze o tym, aby każde słowo, że tak powiem, było przeznaczone na wieczne czasy”. W r. 1921, a więc pomiędzy oboma pobytami Rubinowicza w Kopenhadze, Bohr opublikował pracę [21] ściśle związaną z pracami Rubinowicza na temat polaryzacji promieniowania, które wielokrotnie cytuje. Praca ta, w oryginale 9 stron *Zeitschrift für Physik*, nie zawiera ani jednego wzoru matematycznego i poświęcona jest bardziej dyskusji metodologicznej niż fizycznej. Bohr wyróżnia dwie metody podejścia, które nazywa punktem widzenia korespondencji i punktem widzenia oddziaływania, przy czym drugi uważa, za metodę formalną, a pierwszy za fizyczną. Sądzi mianowicie, że punkt widzenia oddziaływania ma ograniczony zakres zastosowania „dopóki nie podejmiemy bliżej do zagadki teorii kwantowej”. Była to w pewnym sensie krytyka podejścia Rubinowicza. W ówczesnym stanie badań trudno było na nią odpowiedzieć, gdyż metodologicznie była niewątpliwie słuszna. Jednak, jak wspominaliśmy, w tym właśnie zagadnieniu zarówno doświadczenie, jak i nowa teoria mechaniki kwantowej, jednoznacznie przyznały rację Rubinowiczowi, choć pierwotnie znajdował się po mniej bezpiecznej stronie „formalnego” punktu widzenia. Mimo tej różnicy zdań i temperamentów naukowych Rubinowicz z upływem lat coraz bardziej nasiąkał sposobem myślenia Bohra. Jak już o tym wspomnieliśmy, stał się stopniowo coraz wyraźniejszym zwolennikiem jego „fizycznego” punktu widzenia. Doszło do tego, że — jak to obszerniej przedstawiałem w [22] — zaczął rozumieć samo zadanie fizyki jako dyskusję czyli interpretację równań matematycznych. Można to nazwać dialektycznym punktem widzenia Bohra; chodzi mi tutaj o etymologiczny sens terminu „dialektyczny”, ή διαλεκτικὴν (τέχνην) z greckiego, he dialektiké (techné) = sztuka rozprawiania, dyskusja, a nie o skojarzenia ideologiczne. Choć w pracach Rubinowicza w dalszym ciągu dominowały równania matematyczne, a w pracach Bohra ich prawie lub zupełnie nie było, obaj jednak koncentrowali swą uwagę na treści fizycznej. Sprawą interpretacji uznał Bohr za najważniejszą w danej fazie fizyki kwantowej, wziął na siebie jakby cały trud tego zagadnienia, któremu inni tylko

sekundowali, nie zawsze może w pełni rozumiejąc o co właściwie chodzi. Jeśli idzie o zasadę korespondencji Bohra, a później też poniekąd i jego zasadę komplementarności, to Rubinowicz stał się stopniowo ogólnie uznanym ekspertem światowym w tej dziedzinie. Świadczy o tym np. powierzenie mu opracowania artykułu o starszej teorii kwantów w drugim przedwojennym wydaniu Handbuch der Physik [23], a po wojnie artykułów Correspondence Principle, Duality — wave-corpucle i Quantum Number w Encyclopedic Dictionary of Physics [24]. Za sprawą artykułu w Handbuch der Physik wiąże się najobszerniejszy list Bohra do Rubinowicza z posiadanej kolekcji. Ponieważ list ten nie był dotychczas publikowany, zacytuję go w całości we własnym tłumaczeniu (oryginał pisany jest na maszynie, po niemiecku):

„Universitetets Insitut for Teoretisk Fysik

Blegdamsvej 15, København Ø, dnia 6 stycznia 1933 r.

Drogi Rubinowiczu,

Z wielką przyjemnością znowu usłyszałem o Panu. Także ta specjalna sprawa, o której Pan pisze, żywo przypomniła mi nasze dawne rozmowy. Nawiasem mówiąc nie jest dla mnie całkiem łatwe udzielenie dokładnej odpowiedzi na Pańskie pytanie, gdyż obawiam się, że Pańska uwaga o historii zasady korespondencji mogłaby doprowadzić do nieporozumienia. Otóż, jak to przedstawiłem w przedmowie do niemieckiego tłumaczenia moich rozpraw, od samego początku leżały mi na sercu dążenia, które zostały sformułowane w zasadzie korespondencji. Początkowo jednak mogłem podać tylko do pewnego stopnia zadawalający sposób traktowania czysto periodycznych układów mechanicznych, i dopiero w r. 1916 dzięki pracom Sommerfelda, Epsteina, Schwarzschilda zaznajomiłem się dostatecznie z rozwiniętą przez Jacobiego i Stackela teorią matematyczną układów wielokrotnie periodycznych. Starsza cytowana przez Pana praca Schwarzschilda służyła mi następnie do pierwszego zorientowania się w sztuce rozwinięć Fouriera w zjawisku Starka, które to zagadnienie zostało potem dokładniej zbadane przez Kramersa. Nie mogę sobie dokładniej przypomnieć w związku z czym w naszych rozmowach wspomniałem o tej pracy, ale myślę, że chodziło mi o to, żeby Panu opowiedzieć o stosunku do siebie różnych kroków w szybkim rozwoju lat 1916—1918. Aby uniknąć możliwych nieporozumień, wydaje mi się więc celowe aby w każdym razie zmienić nieco formę rozważanej uwagi. Trudno mi jednak, jak już powiedziałem, dać Panu na ten temat określoną radę, ponieważ nie znam bliższego stosunku tej uwagi do pozostałej treści Pańskiego artykułu, z którym z przyjemnością się zapoznam przy dalszej okazji. Nawiasem mówiąc w ostatnich czasach zajmuję się znowu całym tym zagadnieniem odpowiedniości, specjalnie w związku z podstawowymi trudnościami relatywistycznej mechaniki kwantowej. Niektóre uwagi na ten temat może Pan znaleźć w sprawozdaniach z Kongresu w Rzymie, z których wysyłam Panu równocześnie odbitkę. Od tego czasu zająłem się wspólnie z Rosenfeldem dokładniejszym zbadaniem mierzalności pól elektromagnetycznych. Praca ta ma się potem ukazać w Zeitschrift für Physik. Jak Pan wie, zagadnienie to wywołało w ostatnich latach wiele dyskusji i różnic zdań. Udało nam się jednak wykazać całkowitą

zgodność pomiędzy mierzalnością i relacjami komutacji w korespondencyjnej kwantowej elektrodynamice. W szczególności niesłuszna okazała się krytyka Landaua i Peierlsa, a także i w rozumowaniach Heisenberga trzeba było przeprowadzić istotne poprawki. W związku ze wspomnianym w odczycie rzymskim zagadnieniem nieobserwowalności momentu magnetycznego elektronu zbadałem bliżej ograniczoność wniosków, jakie można wyciągnąć z zachowania momentu pędu w polu promieniowania. Ze względu na wspomniany w tym odczycie komplementarny stosunek pojęć polowych i fotonowych, wskazana jest mianowicie specjalna ostrożność przy każdym zastosowaniu elektromagnetycznych praw zachowania. Jak Mannebeck i ja pokażemy w nocie, która ma się wkrótce pojawić, znaczy to między innymi, że nie są uzasadnione takie zastosowania pojęcia spinu elektronu, jakich próbował Raman.

Byłoby bardzo pięknie, gdybyśmy mogli znowu porozmawiać na wszystkie te tematy, byłoby też dla mnie wielką przyjemnością, gdyby zechciał Pan wziąć udział w małej konferencji, którą organizujemy tutaj z początkiem kwietnia i na której oczekujemy odwiedzin wielu dawnych współpracowników Instytutu. Koszty przejazdu oraz wydatki związane z pobytem w Kopenhadze w czasie tej konferencji pokryjemy ze środków Instytutu.

Z najserdeczniejszymi pozdrowieniami od nas wszystkich i z najlepszymi życzeniami w Nowym Roku,
Pański Niels Bohr.”

Widzimy, że w zdaniu o „ograniczoności wniosków, jakie można wyciągnąć z zachowania momentu pędu w polu elektromagnetycznym” powrócił Bohr do swojej dyskusji z Rubinowiczem związanej z regułami wyboru. Przenosi ją teraz na poziom elektrodynamiki kwantowej i problemów mierzalności pola elektromagnetycznego. Tym razem, jak się wydaje, Rubinowicz dyskusji nie podjął przyznając rację Bohrowi, niezrównanemu mistrzowi w tego typu problematyce i poprzestając na satysfakcji, że Bohr mówi o zachowaniu momentu pędu jako o fakcie nie podlegającym dyskusji. Ponieważ nie zachowały się kopie listów Rubinowicza (pozostały jedynie stenograficzne notatki, których nie jestem w stanie odczytać), odpowiedzi Rubinowicza można się tylko domyślać. Musimy się też domyślać o jakim pytaniu Rubinowicza mówi w swym liście Bohr. Najprawdopodobniej chodzi o przypis 5-ty na s. 28 artykułu [23], który w tłumaczeniu brzmi: „...W czasie, kiedy Bohr sformułował zasadę korespondencji, nie istniało jeszcze ogólne przedstawienie fourierowskie ruchu elektronów przy efekcie Starka w atomie wodoru, zostało ono podane dopiero przez Kramersa w 1919. Dlatego też Bohr, który chciał następnie sprawdzić zasadę korespondencji także na zjawisku Starka, powołał się na podane przez K. Schwarzschilda (Verh. d.D. phys. Ges. Bd. 16, s. 20, 1914) rozwinięcie fourierowskie, które jednak bierze pod uwagę tylko elipsy keplerowskie o małych mimośrodkach.” Przymuszalnie redakcja tego przypisu wynika już z listu Bohra, nie wiemy jak wyglądała redakcja pierwotna. Odpowiedź Bohra, jak sam pisze, była bardzo nieokreślona, Rubinowicz nie miał więc w tym punkcie łatwego zadania. Z zachowanej korespondencji wiemy tylko, że właśnie w tym czasie korespondował z prof. Adolfem

Smekalem (Halle), redaktorem tego tomu Handbuch der Physik, w sprawie korekty (8 stycznia 1933 wysłał Smekal korekty szpaltowe, 9 lutego potwierdza otrzymanie tych korekt z powrotem, 23 marca potwierdza otrzymanie korekt po złamaniu). Tom ukazał się w kwietniu 1933 r. Był więc czas na wprowadzenie poprawek i zmian.

[...]