

Krzysztof Iwan

Czy cząstki wirtualne istnieją niezależnie od kwantowej teorii pola?

Filozofia Nauki 2/3/4, 127-139

1994

Artykuł został zdigitalizowany i 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.

Krzysztof Iwan

Czy cząstki wirtualne istnieją niezależnie od kwantowej teorii pola?

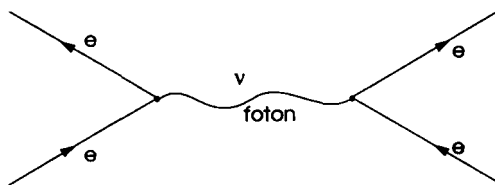
Motto (które może być usprawiedliwieniem):
*Aby osiągnąć głębsze zrozumienie, należy same-
mu rozwiązać problem fizyki. Pasywne uczenie
się daje tylko słabe wyobrażenie o tym pięknie,
którego doświadcza się w trakcie samodzielnej
pracy [1].*

1. Oddziaływanie cząstek elementarnych w języku kwantowej teorii pola

Tytułem wstępu przytoczymy trzy wypowiedzi:

- a) Świat fizyczny składa się układów wielu oddziałujących ze sobą cząstek [2].
- b) Jednym z głównych pojęć, leżących u podstaw fizyki mikroświata, jest pojęcie wzajemnego oddziaływania cząstek elementarnych [3].
- c) Do zrozumienia, jak świat jest zbudowany, potrzebna jest teoria opisująca, w jaki sposób cząstki elementarne oddziałują między sobą [4].

Informacje o oddziaływaniu cząstek w języku kwantowej teorii pola znajdziemy na przykład w [5]. Dla nas najważniejsze będzie stwierdzenie, że „w kwantowej teorii pola oddziaływanie między dwoma cząstkami przedstawić możemy jako wymianę między nimi cząstki będącej kwantem pola. Tak na przykład, oddziaływania elektromagnetyczne między elektronami opisujemy na gruncie tej teorii jako emisję przez jeden z elektronów fotonu promieniowania elektromagnetycznego, które następnie zostaje pochłonięty przez drugi elektron [6] (rys. 1)”. .



Rys. 1. Oddziaływanie elektromagnetyczne elektronów jako wymiana wirtualnego fotonu [6]

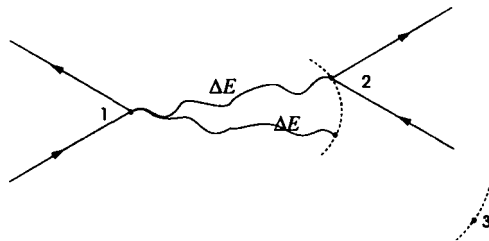
Tempczyk w pracy [5] pisze: „...Fotony wysłane przez elektron są bardzo szybko pochłaniane przez układ, z którego zostały wyemitowane. Im większa energia cząstki, tym prędy musi być pochłonięta, tym krócej może żyć. Elektron wysyłający foton traci część swojej energii, tę którą przekazał fotonowi. Nie trwa to jednak długo, ponieważ po niesłychanie krótkim czasie, foton wracający do swego źródła przekazuje mu to, co przed chwilą pobrał”. Dalej czytamy w tej samej pracy: „Każda cząstka typu elektronu, protonu, neutronu itp., odpowiednio długo żyjąca, jest otoczona chmurą cząstek wirtualnych, które służą jako pośredniki odpowiednich oddziaływań. Elektron [...] wytwarza tylko fotony [wirtualne — KI] i dzięki temu pomiędzy tymi cząstkami zajdzie oddziaływanie elektromagnetyczne”. Weźmy jeszcze jedno stwierdzenie Tempczyka: „Cząstki wirtualne giną prawie natychmiast po powstaniu, w procesie odwrotnym do procesu ich wytwarzania”.

Jak pogodzić ten obraz z nieskończonym zasięgiem oddziaływań elektromagnetycznych? Tempczyk nie daje na to pytanie odpowiedzi. Można ją znaleźć w podręcznikach fizyki. Otóż na podstawie zasady nieoznaczoności energia-czas uzyskuje się tam wzór na zasięg oddziaływania L :

$$L = \hbar/m_0c$$

Dla fotonu $m_0 = 0$ i stąd $L \rightarrow \infty$.

Pokażemy teraz, że powyższe wyjaśnienie jest tylko pozorne. Rozważmy w tym celu sytuację:



Rys. 2. Oddziaływanie elektromagnetyczne elektronów

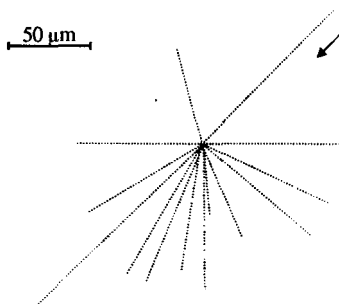
Czas życia fotonu o energii ΔE jest rzędu $\hbar/\Delta E$. Po tym czasie foton wirtualny o energii ΔE jest pochłonięty przez elektron znajdujący się w punkcie o numerze 2. Załóżmy teraz, że w punkcie tym nie było elektronu. Foton wirtualny nie może polecieć dalej, bo jego czas życia się kończy. W swej wędrówce nie napotkał żadnego elektronu.

Aby nie zostało stwierdzone naruszenie prawa zachowania energii, musi on być pochłonięty przez elektron, który go wysłał. Ale na powrót potrzebny jest temu fotonowi wirtualnemu znów czas Δt . Zatem, żeby mógł wrócić, musiałyby mieć energię o połowę mniejszą (aby czas życia był dwukrotnie dłuższy). Z kolei, gdyby miał energię o połowę mniejszą, mógłby polecieć dwa razy dalej i tam zostać pochłonięty przez elektron 3 (dwukrotnie dłuższy czas życia, to dwukrotnie mniejsza energia fotonu wirtualnego). Wynika stąd, że cząsteczka (foton) wirtualna musi «wiedzieć», w jakiej odległości od emitującego ją elektronu znajduje się inny elektron. Czyżby zatem pojawiła się świadomość na poziomie cząstek (i to wirtualnych)? Taki stan rzeczy usprawiedliwia postawienie pytania o sposób wprowadzenia pojęcia „cząstki wirtualnej” we współczesnym formalizmie matematycznym kwantowej teorii pola.

2. Jak wprowadza się pojęcie „cząstki wirtualnej”?

Doświadczenie sugeruje, że oddziaływania cząstek wiążą się z tworzeniem i zanikaniem pewnych cząstek. Na przykład zderzenie neutronu o wielkiej energii z jądrem srebra zarejestrowane zostało w emulsji jądrowej (rys. 3) w postaci «gwiazdy» — tor protonu zakończony jest pękiem torów wychodzących z jednego punktu.

Powyzsza sugestia zostanie wykorzystana — jak wkrótce zobaczymy — w kwantowej teorii pola do konstrukcji cząstki wirtualnej.



Rys. 3. Neutron promieniowania kosmicznego zderza się z jądrem srebra w emulsji jądrowej. Można rozróżnić 169 naładowanych cząstek, z których co najmniej 130 jest cząstkami wyprodukowanymi. Strzałka oznacza kierunek padającego neutronu, który jako cząstka nienaładowana nie pozostawił śladu w emulsji [7]

To, co wydarzyło się w czasie właściwego oddziaływania na odległościach rzędu 10^{-13} cm i w czasie rzędu 10-23 s, jest dla nas tylko źródłem domysłów. Jedno natomiast jest pewne: równania oddziałujących cząstek są skomplikowanymi operatorowymi równaniami nieliniowymi. Dotychczas nikomu nie udało się ich rozwiązać dla realistycznej teorii. Sukcesy — i to duże — osiągnięto jedynie w wypadku, gdy oddziaływania między cząsteczkami są słabe, dzięki czemu można stosować metodę rachunkową, zwaną rachunkiem zaburzeń.

W rachunku zaburzeń zakłada się, że hamiltonian pełnego (zaburzonego) układu można przedstawić jako sumę

$$(1) \quad H = H^0 + H'(t)$$

Pierwszy składnik tej sumy odpowiada cząstkom nie oddziałującym ze sobą, natomiast drugi — wzajemnemu oddziaływaniu między nimi. Termin „zaburzenie” wzięty jest z mechaniki nieba, gdzie stosowano go początkowo dla określenia wpływu jednej planety na orbitę innej.

Na podstawie wzoru (1) stwierdzamy, że w kwantowej teorii elektronów (fermionów) oddziałujących na siebie za pośrednictwem pola elektromagnetycznego, hamiltonian nie oddziałujących elektronów (fermionów) i fotonów (bozonów) powinien być uzupełniony hamiltonianem wzajemnego oddziaływania H' . Hamiltonian ten można wyrazić wzorem

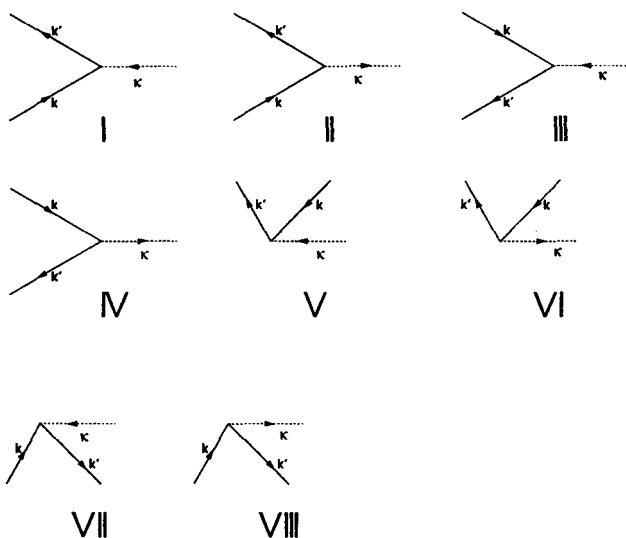
$$H'(t) = - \int A_u j_u dq$$

gdzie $A_u(x)$ i $j_u(x)$ są określone — i to dla nas jest najważniejsze — poprzez operatory kreacji i anihilacji b^+ , b i a^+ , a .

W wyrazach hamiltonianu H' wzajemnego oddziaływania elektronów i fotonów (pełną postać tego hamiltonianu można znaleźć np. w [8]) występują operatory kreacji i anihilacji cząstek. W różnych wyrazach hamiltonianu H' operatory kreacji i anihilacji cząstek pojawiają się tylko w określonych kombinacjach. Dlatego też niektóre ze wspomnianych wyrazów mogą dawać zerowy wkład w amplitudę prawdopodobieństwa zajścia konkretnego eksperymentalnie obserwowalnego procesu fizycznego, tzn. mogą nie mieć żadnego związku z badanymi przez nas procesami. Wyrazy takie należy po prostu odrzucić. Przy wyszukiwaniu takich wyrazów dużą pomoc wyświadcza zaproponowana przez Feynmana metoda graficzna, tzw. diagramowa analiza rachunku zaburzeń, która jest współczesnym formalizmem rachunku zaburzeń i którą wykorzystuje elektrodynamika kwantowa. Na metodę tę składają się następujące reguły.

Każdemu wyrazowi H' odpowiada tzw. wierzchołek, do którego wchodzi — lub z którego wychodzi — kilka linii. Każda wychodząca z wierzchołka linia odpowiada operatorowi kreacji fotonu lub elektronu, a każda linia wchodząca — operatorowi anihilacji fotonu lub elektronu lub operatorowi kreacji pozytronu. Fotonom odpowiadają linie faliste albo kreskowe, a elektronom i pozytronom — linie proste.

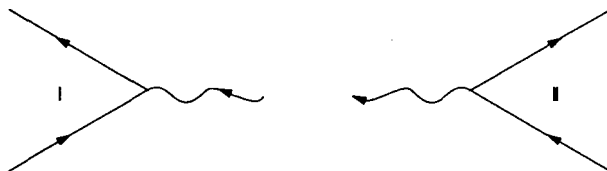
Zgodnie z powyższymi regułami, wyrazy hamiltonianu wzajemnego oddziaływania H' można przedstawić za pomocą następujących «diagramów Feynmana» [8]



W tym momencie pojawia się możliwość rozłożenia dowolnego realnego procesu wzajemnego oddziaływania na elementarne wierzchołki, odpowiadające wirtualnym elementarnym aktom wzajemnego oddziaływania:

- (I) pochłonięcie fotonu przy rozproszeniu elektronu;
- (II) emisja fotonu przy rozproszeniu elektronu;
- (III) pochłonięcie fotonu przy rozproszeniu pozytronu;
- (IV) emisja fotonu przy rozproszeniu pozytronu;
- (V) pochłonięcie fotonu przy kreacji pary elektron-pozytron;
- (VI) emisja fotonu przy kreacji pary elektron-pozytron;
- (VII) pochłonięcie fotonu przy anihilacji pary elektron-pozytron;
- (VIII) emisja fotonu przy anihilacji pary elektron-pozytron.

Weźmy teraz pod uwagę (I) i (II).



Jeżeli połączymy linie faliste, oraz czarne kropki (tj. wierzchołki) nazwiemy teraz „elektronami”, to otrzymamy po prostu rys. 1. Nic teraz nie stoi na przeszkodzie, aby powiedzieć, że elektrony (I) i (II) wymieniły pomiędzy sobą foton.

Wykonaliśmy dotychczas następujące kroki:

- (a) uwzględniliśmy w naszym hamiltonianie wzajemne oddziaływanie (człon H');
- (b) wierzchołki odpowiadające wyrazom zaburzenia H' zastąpiliśmy elektronami;

(c) poprzez emisję fotonu przez elektron (II) naruszyliśmy prawo zachowania energii i pędu.

W wyniku tych zabiegów otrzymaliśmy twór (foton), który nazywamy „cząstką wirtualną” („fotonem wirtualnym”), tj. cząstką nieobserwowalną bezpośrednio w procesie oddziaływania (elektromagnetycznego — w wypadku elektronów). Możliwość obserwacji fotonów wirtualnych oznaczałaby bowiem zwykłą ich emisję, dla której trzeba by dostarczyć emitującemu je obiektowi (np. elektronowi) energię potrzebną do ich wytworzenia, a więc równą co najmniej ich energii spoczynkowej. Wymaga tego zasada zachowania energii.

Musimy w tym miejscu postawić pytanie: czy przedmioty, o których przypuszczam, że mówi moja teoria istnieją niezależnie od teorii?

Aby udzielić odpowiedzi na powyższe pytanie należy rozważyć sprawę kryterium istnienia przedmiotów nieobserwowalnych.

3. Kryterium istnienia przedmiotów nieobserwowalnych

Pojęcie „istnienia” przyjmujemy jako rozumiane intuicyjnie. Jako takie nie wymaga ono definicji [9]. Również pojęcie „przedmiotu nieobserwowalnego” uznajemy za zadowalająco zrozumiałe intuicyjnie [10].

W naukach przyrodniczych dwa kryteria istnienia odgrywają podstawową rolę i stosowane są najczęściej w praktyce naukowej. Uwzględniając intuicyjnie ujmowany charakter obu rozpatrywanych kryteriów, nazwiemy je „obserwacyjnym” i „eksplanacyjnym”. Zgodnie z obserwacyjnym kryterium istnienia przedmiot istnieje, jeśli został zaobserwowany przez dowolnego wiarygodnego obserwatora. Zgodnie z kryterium eksplanacyjnym, jako kryterium istnienia przede wszystkim przedmiotów nieobserwowalnych, przedmiot istnieje, jeśli pewne zdania o tym przedmiocie — razem z tak zwanymi regułami mostowymi — pozwalają wyjaśnić zdania o pewnym przedmiocie obserwowanym. Kryterium eksplanacyjne (KE) ma różne odmiany. Odmiany tego kryterium, które pozwalają jedynie relatywnie słabo uzasadnić istnienie przedmiotów, nazywamy „słabymi”. Te odmiany, za pomocą których da się wykazać w sposób względnie silny, że przedmioty istnieją, nazywamy „silnymi”.

Według Czarnockiej [9] cząstki wirtualne nie mogą spełniać (KE) najsilniejszej odmiany. Ich istnienia nie można potwierdzić w sposób najsilniejszy z możliwych dla przedmiotów nieobserwowalnych. Są, mówiąc swobodnie, skazane na to, że ich istnienie jest uzasadnione jedynie w słabszy sposób. Przez to jest ono zawsze bardziej wątpliwe niż innych przedmiotów nieobserwowalnych. Dlaczego tak się dzieje? Bo są przedmiotami istotnie nieizolowanymi. Wyjaśnijmy, co należy rozumieć pod tym terminem. Otóż elektrodynamika kwantowa głosi, że cząstki wirtualne są zawsze związane ze swoimi źródłami. Nie mogą one zostać od źródeł oddzielone. Można zatem obserwować jedynie efekty oddziaływań zespołów złożonych z cząstek wirtualnych oraz z innych niewirtualnych cząstek. Wtedy właśnie mówimy, że przedmiot jest istotnie nieizolowany.

Czarnecka stwierdza [9]: „We wnioskowaniu, które prowadzi do konkluzji $n \neq 1$ [tj. że cząstki wirtualne są istotnie nieizolowalne — KI] zasadniczą rolę odgrywa zasada nieoznaczoności Heisenberga”. Zatem zasada nieoznaczoności Heisenberga (ale która?) posłużyła Czarnockiej do wyciągnięcia wniosku, że cząstki wirtualne — jako przedmioty istotnie nieizolowalne — należy traktować z większym sceptycyzmem niż inne nieobserwowalne. I tylko tyle. My natomiast, na podstawie zasady nieoznaczoności energia-czas postaramy się pokazać, że cząstki wirtualne są przedmiotami matematycznymi, tzn. nie istnieją niezależnie od kwantowej teorii pola. Pokażemy dalej, że cząstki wirtualne, jako przedmioty teoretyczne fizyki, można traktować jako przedmioty *ad hoc*. Zanim to zrobimy, przeanalizujemy wypowiedź Tempczyka [5] w świetle kryterium zaproponowanego przez Czarnocką. Otóż Tempczyk we wspomnianej pracy pisze: „Można by powiedzieć, że pojawiły się w przyrodzie dwa poziomy istnienia, które nazwiemy „istnieniem wirtualnym” i „istnieniem pełnym”. I dalej: „W filozofii istnienie traktowane było zawsze jako niestopniowalne; coś albo istnieje w pełni, albo nie istnieje wcale. Pojęcie „cząstki wirtualnej” pokazuje, że warto zastanowić się nad pewną hierarchią istnienia, w której pojęcie to byłoby stopniowalne”. Sądzę, że w istocie nie warto się nad tym zastanawiać. Przekonałby się o tym również Tempczyk, gdyby w swojej pracy [5] zastosował jakiegokolwiek filozoficzne kryterium istnienia. Z pewnością doszedłby do wniosku, że jego hierarchia istnienia musiałaby zastać zastąpiona silniejszymi lub słabszymi sposobami uzasadnienia istnienia obiektów nieobserwowalnych. A wtedy już nie musimy dochodzić do wniosku, że „współczesna nauka opisuje zjawiska, do których pełnej analizy tradycyjny język filozoficzny jest zbyt ubogi” [5].

4. Kryterium istnienia cząstek wirtualnych we współczesnej fizyce

Problem kryteriów istnienia przedmiotów pojmuje się jako pytanie o podstawy wiedzy o istnieniu przedmiotów. Kryteria istnienia określają warunki, jakie muszą być spełnione dla danego przedmiotu, aby można było zasadnie stwierdzić, że ów przedmiot istnieje. Uzasadnia się, że dany przedmiot istnieje, przez wykazanie, że spełnione są dla niego warunki wyznaczone w pewnym kryterium istnienia [9]. W pracy [10] czytamy: „Uzasadnienie istnienia danego przedmiotu polega [...] zawsze na wykazaniu, że przedmiot spełnia warunki podane w pewnym kryterium istnienia”.

Zastanówmy się teraz, jakie kryterium istnienia cząstek wirtualnych zostało przyjęte we współczesnej fizyce. Ułatwimy sobie zadanie, jeśli najpierw przytoczymy definicję cząstki wirtualnej.

Cząstki, których emitowanie i pochłanianie zachodzi z pozornym naruszeniem prawa zachowania energii, nazywamy „cząstkami wirtualnymi” [11].

W [12] czytamy: „Cząstki, których istnienie gwarantuje zasada nieokreśloności, nazywamy „wirtualnymi” („możliwymi”)”.

Z kolei w pracy [13] mamy twierdzenie: „Jak wiadomo, ze względu na zasadę nieoznaczoności

$$\delta t \cdot \delta E \geq \hbar$$

możliwe jest (na krótki czas) naruszenie prawa zachowania energii”.

Z powyższego wynika, jak sądzę, że w fizyce mamy do czynienia z następującym kryterium istnienia: obiekt (przedmiot) istnieje, jeśli swoim istnieniem nie narusza praw fizyki.

5. Interpretacja zasady nieoznaczoności Heisenberga energia-czas

Zgodnie z kwantową teorią pola, każde elementarne oddziaływanie cząstek należących do mikroświata polega na wytwarzaniu i pochłanianiu innych cząstek, stanowiących nośniki sił określonego typu. Zatem w kwantowej teorii pola mamy następujący obraz: cząstka naładowana otoczona jest chmurą cząstek wirtualnych. Jeśliby naładowana cząstka (np. elektron) miała być chmurą fotonów wirtualnych, nie byłyby spełnione zasady zachowania energii i pędu (dlatego właśnie taki foton nazywamy „wirtualnym”).

Tempczyk [5] zapewnia, że „wysyłanie przez elektron fotonów nie musi prowadzić do sprzeczności z prawami zachowania energii i pędu. Możliwość taka związana jest z podstawowymi cechami światła kwantowego, zwłaszcza ze statystycznym charakterem jego praw”. Chodzi o to, że zasada nieoznaczoności energia-czas zezwala na niezbilansowanie E energii w przedziale czasu Δt , jeżeli $\Delta t \sim \hbar/\Delta E$

Mamy więc niemal powszechnie akceptowany pogląd (np. [14-17]): cząstki wirtualne spełniają fizykalne kryterium istnienia dzięki zasadzie nieoznaczoności czas-energia. Należy zatem przyrzeć się bliżej owej zasadzie nieoznaczoności, przy czym już teraz zgodzimy się z poglądem, że „...brak jest jednolitego punktu widzenia na problem zasady nieoznaczoności dla energii i czasu” [18] oraz że „dyskusja dotycząca zasady nieoznaczoności dla czasu i energii nie jest zakończona” [19].

Naszkuje teraz drogę rozumowania, na której Tempczyk [5] dochodzi do twierdzenia, że „energia w kwantowym układzie izolowanym może dowolnie zmieniać się w sposób przypadkowy, byle tylko zmiany te były odpowiednio krótkie”. Rozumowanie to można odtworzyć następująco.

- (I) Wszystkie pomiary wielkości fizycznych obarczone są błędem wynikającym z niedoskonałości przyrządów i procedur pomiarowych.
- (II) Szczególnie jaskrawo błąd ten występuje przy pomiarach wielkości fizycznych, powiązanych ze sobą pewnymi formalnymi związkami, takimi jak położenie i pęd, lub energia i czas.
- (III) Pary takich wielkości, nazywanych „wielkościami kanonicznie sprzężonymi”, nie mogą być jednocześnie zmierzone dowolnie dokładnie.
- (IV) Jeżeli na przykład w określonej sytuacji mierzymy jednocześnie położenie i pęd cząstki, to dążąc do dokładnego pomiaru położenia, psujemy dokładność pomiaru pędu, i na odwrót.

(V) Inną parą wielkości kanonicznie sprzężonych jest energia i czas. W związku z tym, mierząc bardzo dokładnie energię doprowadzamy do sytuacji, w której pomiar czasu musi być niedokładny.

(VI) Fakt ten ma wielkie znaczenie fizyczne.

Z powyższego wynika, że Tempczyk (podobnie jak inni autorzy wierzący w obiektywne istnienie cząstek wirtualnych) relację nieoznaczoności położenie- \dot{p} i energia-czas traktuje w identyczny sposób, dzięki czemu uzyskuje «zezwolenie» na istnienie cząstek wirtualnych. Jednakże — podkreślamy to z całą mocą — dla pomiaru czasu traci sens mówienie o jednoczesnym pomiarze [20]. Wszystko zdaje się wskazywać na to, że zasada nieoznaczoności typu czas-energia ma inne pochodzenie i inną interpretację od «zwykłych» relacji nieoznaczoności [20, 21]. Spróbujmy to uzasadnić.

W pracy [22] czytamy: „Zwróćmy uwagę na to, że nie ma związku między nieoznaczonością ΔE wartości energii E w danej chwili t a dokładnością określenia tego momentu Δt

$$(2) \quad \Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar/2 \\ \Delta p_x \cdot \Delta x \geq \hbar/2,$$

który byłby podobny do związku między \dot{p} em i sprzężoną z nim współrzędną. Można oczekiwać istnienia takiego związku tylko w tym wypadku, gdyby energii E można było przyporządkować operator $i\hbar\partial/\partial t$ w taki sposób, jak wielkości p_x przyporządkujemy operator $-i\hbar\partial/\partial x$. W rzeczywistości jednak w mechanice kwantowej operator energii \hat{H} jest «funkcją» operatorów \dot{p} u i współrzędnych $\hat{H} = \hat{H}(\hat{p}_x, \hat{p}_y, \hat{p}_z, x, y, z)$. Dlatego więc z punktu widzenia ogólnych założeń mechaniki kwantowej energia jest wielkością, która może mieć zupełnie określone znaczenie w danej chwili. Można jednakże otrzymać związek (2), jeśli będziemy interpretowali w odpowiedni sposób wielkości ΔE i Δt .” Dawydow [23] problem ujmuje tak: „zasada zachowania energii wiąże się z komutacją operatora \hat{H} z infinitesimalnym operatorem $\hat{I}(t)$. W związku z tym operator o wymiarze energii

$$-i\hbar\hat{I}(t) = i\hbar\partial/\partial t$$

nazywamy niekiedy „operatorem energii”. Trzeba jednak pamiętać o umowności tej nazwy. Energia układu w mechanice kwantowej w stanach stacjonarnych określona jest wartościami własnymi operatora Hamiltona. Dlatego też operatorem energii układu jest operator Hamiltona, tj. funkcja operatorów współrzędnych i \dot{p} ów. W przeciwieństwie do współrzędnych przestrzennych czas nie jest operatorem. Z kolei w podręczniku [24] Atkina znajdujemy *passus*: „Istnieje jeszcze jedna relacja nieoznaczoności, której wyprowadzenie wymaga dodatkowych założeń w stosunku do tych, które dotychczas rozpatrywaliśmy. Relacja ta wiąże energię i czas. Formalnie rzecz biorąc, możemy skorzystać z równania

$$E \rightarrow \hat{E} = (i\hbar) \partial/\partial t$$

dla otrzymania operatora energii, ale niestety nie mamy operatora czasu. Jeżeli jednak na podstawie analogii ze zmiennymi przestrzennymi, nie próbując znaleźć innego uza-

sadnienia, przyjmiemy, że operator czasu sprowadza się do mnożenia przez t , to otrzymamy, że

$$[\hat{E}, t] = -(\hbar/i) [\partial/\partial t, t] = -\hbar/i$$

A stąd

$$\delta E \cdot \delta t \geq \hbar/2$$

Na podstawie analogii pomiędzy zmiennymi przestrzennymi i czasem otrzymujemy więc relację, zgodnie z którą energia i czas życia stanu nie mogą być określone równocześnie z dowolnie dużą dokładnością”. W podobnym duchu wypowiadają się autorzy pracy [25].

Zdaniem autora niniejszego tekstu, ojcem pomysłu, aby zastosować relację nieoznaczoności czas-energia do uzasadnienia istnienia cząstek wirtualnych był Wick [26]. „Kiedy Wick bardzo prosto objaśnił ideę Yukawy, wychodząc z zasady nieoznaczoności, większość fizyków na całym świecie się z nią zgodziła” [27]. Od tego czasu zaczęto używać zasady nieoznaczoności energia-czas do uzasadniania istnienia nie tylko wirtualnych mezonów π , lecz wszelkich cząstek wirtualnych.

6. Czy pośrednie dowody eksperymentalne mogą stanowić jednoznaczne potwierdzenie istnienia?

Kriwulak w pracy [28] rozróżnia realność i istnienie. Istnienie — według niego — może być jednoznacznie uzasadnione jedynie teoretycznie, przy czym wydaje się, że nie chodzi tu o „ograniczenia do ram teorii naukowej, która zajmuje się zadanymi zjawiskami” [29], tj. o relatywizowanie istnienia do teorii. Nie chodzi o to choćby dlatego, że nie mamy dwóch czy więcej równoważnych teorii, traktujących o wzajemnym oddziaływaniu cząstek elementarnych, i posługujących się odmiennymi rodzajami twierdzeń egzystencjalnych. Wcześniej pokazaliśmy, że zasada nieoznaczoności czas-energia nie może stanowić teoretycznego uzasadnienia istnienia cząstek wirtualnych. O realności decydują według Kriwulaka pośrednie dowody eksperymentalne.

Tempczyk [5] pisze: „Niemożność bezpośredniej obserwacji cząstek wirtualnych nie powoduje jednak, że ich istnienie nie może być stwierdzone metodami pośrednimi” — oraz: „imponująca zgodność bardzo subtelnych przewidywań elektrodynamiki kwantowej z obserwacjami przekonała fizyków, że obraz oddziaływań elektromagnetycznych, proponowany przez tę teorię, jest zgodny z rzeczywistością. Podstawowym składnikiem tego obrazu jest pojęcie cząstki wirtualnej.” Widzimy zatem, że dla Tempczyka pośrednie dowody eksperymentalne są jednoznacznym potwierdzeniem istnienia (a nie np. realności) cząstek wirtualnych. Z kolei w pracy [30] czytamy: „Hipotezę tachionów próbuje się tłumaczyć charakter promieniowania pewnych obiektów astronomicznych. Są to zatem pośrednie dowody eksperymentalne istnienia tachionów, albowiem znane teorie astrofizyczne nie mogą wyjaśnić natury promieniowania tych nowo odkrytych obiektów”. I dalej w tej samej pracy czytamy: „Jeśli istnienie tachionów zostanie jednoznacznie potwierdzone...”. Zatem w wypadku tachionów pośrednie dowody eksperymentalne nie stanowią jednoznacznego potwierdzenia ich istnienia.

Weźmy teraz przykład z historii fizyki. W pracy [31] czytamy: „W nauce znane są sytuacje uzyskiwania prawdziwych wniosków, chociaż do ich wyprowadzenia używano przesłanek, które *post factum* okazały się fałszywe. Przykładowo S. Carnot, wyprowadzając równanie określające sprawność silnika idealnego, posługiwał się teorią ciepłika. Teoria ta została odrzucona, a wynik w fizyce pozostał”. Nie ulega wątpliwości, że teoria ciepłika stała się na pewien czas motorem rozwoju w fizyce. Szczegółowe wyjaśnienie wielu zjawisk w tej teorii opierało się na założeniu, że każdy atom jest otoczony (*sic*) atmosferą ciepłika [32]. Zwróćmy uwagę na podobieństwo: w kwantowej teorii pola każdy atom jest otoczony «atmosferą» cząstek wirtualnych! Na przykładzie ciepłika (i np. tachionów) widać wyraźnie, że pośrednie dowody eksperymentalne nie mogą stanowić jednoznacznego potwierdzenia istnienia. Dlaczego miałyby być inaczej w wypadku cząstek wirtualnych?

7. Cząstki wirtualne jako przedmioty *ad hoc*

W literaturze nie ma zgodności co do tego, do jakich obiektów należy stosować termin „*ad hoc*”. Ponadto nie istnieją jednoznaczne kryteria przynależności rezultatów rozważań teoretycznych lub stosownych środków do klasy *ad hoc*. Wydaje się, że w najbliższej przyszłości nie uda się ich sformułowanie [33]. Zmuszeni jesteśmy arbitralnie przyjąć kryteria, które jednakże wypływają z faktu, że nauka nie jest zainteresowana pozornymi rozwiązaniami istniejących w danej chwili trudności. Kryteria, których spełnienie wyklucza przynależność obiektu do klasy *ad hoc* są następujące:

- (1) obiekty powinny być w zasadzie obserwowalne;
- (2) obiekty nie powinny stanowić teoretycznego izolatu;
- (3) obiekty nie mogą być powoływane do życia tylko w celu usunięcia trudności powstających przy objaśnianiu zjawisk.

Pokażemy teraz, że cząstki wirtualne nie spełniają żadnego z wyżej wymienionych kryteriów.

Ad (1). Cząstki wirtualne nie mogą być obserwowalne, gdyż możliwość ich obserwacji oznaczałaby zwykłą ich emisję, a tego zabrania zasada zachowania energii.

Ad (2). Powstanie cząstek wirtualnych zachodzi przy naruszeniu prawa zachowania energii (próby z zasadą nieoznaczoności czas-energia nie mogą polepszyć sytuacji). Jednocześnie w innych kwantowych procesach (emisja fotonów, rozpad α) energia spełnia zasadę zachowania. Zatem emisja cząstek wirtualnych jest jak gdyby odizolowana od innych procesów kwantowych.

Ad (3). W pracy [34] czytamy: „Pojęcie cząstek wirtualnych rzeczywiście stworzyliśmy po to, by opisywać złożone zjawiska zachodzące w świecie cząstek elementarnych...”. Tylko emisją i pochłanianiem cząstek wirtualnych można objaśnić wiele dziwnych zjawisk, np. polaryzację próżni, ekranowanie ładunku, anomalny moment magnetyczny elektronu.

Reasumując, cząstki wirtualne nie mogą wesprzeć antyatomizmu Tempczyka [5,29]. Tempczyk, opowiadając się za istnieniem — prawdopodobnie w sensie Quine’a

definicji istnienia — cząstek wirtualnych [29], wpadł w podstawową pułapkę antropocentryzmu, która polega „na tym, że za obiektywną realność bierze się to, co w rzeczywistości jest tylko naszym wytworem, wynikiem naszych sensotwórczo i celowo zorganizowanych działań” [35]. Napisałem „prawdopodobnie”, bowiem Tempczyk w pracy [29] „nie zastosował konsekwentnie i jawnie jakiegoś filozoficznego kryterium istnienia” [36].

Literatura cytowana

- [1]. A. Migdal, *Poiski istiny*, Molodaja Gwardija, Moskwa 1983, s. 196
- [2]. A. L. Fetter, J. D. Walecka, *Kwantowa teoria układów wielu cząstek*, PWN, Warszawa 1982, s. 16
- [3]. A.A. Anselm, „V poiskach edinoj teorii fundamentalnych vzaimodejstvij”, *Priroda*, 1980, nr 6, s. 9
- [4]. G. Hoft, „Teorie z cechowaniem sił między cząstkami elementarnymi”, *Postępy Fizyki*, 1983, t. 34, z. 1, s. 19
- [5]. M. Tempczyk, „Kłopoty z cząstkami wirtualnymi”, *Studia Filozoficzne*, nr 4/1987, s. 93
- [6]. A. Strzałkowski, *Wstęp do fizyki jądra atomowego*, PWN, Warszawa 1978, s. 311
- [7]. *Encyklopedia Fizyki Współczesnej*, PWN, Warszawa 1983, s. 78
- [8]. F. Kempfer, *Osnovnyje položenija kvantovoj mehaniki*, Mir, Moskwa 1967, s. 225
- [9]. M. Czarnocka, „Kryterium istnienia w naukach przyrodniczych”. *Studia Filozoficzne*, nr 7/1985, s. 4
- [10]. M. Czarnocka, „Kryterium istnienia przedmiotów nieobserwowalnych”, *Studia Filozoficzne*, nr 5-6/1985
- [11]. A.V. Astachov, J. Širokov, *Kvantovaja fizika*, Nauka, Moskwa 1983, s. 189
- [12]. A.A. Borovoj, *Kak registrirujut časticy* (Seria *Kvant*, nr 15), Nauka, Moskwa 1981, s. 68
- [13]. I.M. Ternov, „O metode točnych rešenij v kvantovoj teorii vzaimodejstvija častic i polej”. [w:] *Istoria i metodologija estestvennych nauk*, Seria *Fizika*, nr XXXI, Izdatel'stvo Moskovskogo Universiteta, Moskwa 1985, s. 5
- [14]. B. M. Kedrov, „Metodologičeskie problemy estestvoznania”, *Voprosy Filosofii*, nr 3/1064, s. 41
- [15]. V.S. Gott, A.F. Pereturin, „O filosofskich voprosach teorii virtualnych častic i procesov”, *Filosofskije Nauki*, nr 4/1965, s. 11
- [16]. V.S. Barasenkov, V.S. Gott, A.S. Il'ionov, V.D. Toneev, „Ponjatie virtualnosti v fizike elementarnych častic”, *Filosofskije Nauki*, nr 5/1972, s. 77
- [17]. V.S. Barašenkov, *Problemy subatomnogo prostranstva i vremeni*, Atomizdat, Moskwa 1979, s. 138

- [18]. G.J. Miakiszew, *Prawidłowości dynamiczne i statystyczne w fizyce*, PWN, Warszawa 1976, s. 263
- [19]. *Filozofia a nauka. Zarys encyklopedyczny*, Ossolineum, Wrocław 1987, s. 431
- [20]. A. Szczuciński, *Zasada nieoznaczoności Heisenberga a sprawdzanie praw mikrofizyki* (Seria *Filozofia i Logika*, nr 35), UAM, Poznań 1982, s. 35
- [21]. L. de Broglie, *Sootnošenija neopredelennostej Gejzenberga*, Mir, Moskwa 1986, s. 143
- [22]. D. Błochincew, *Podstawy mechaniki kwantowej*, PWN, Warszawa 1954, s. 439
- [23]. A.S. Dawydow, *Mechanika kwantowa*, PWN, Warszawa 1969, s. 64
- [24]. P.W. Atkins, *Molekularna mechanika kwantowa*, PWN, Warszawa 1974, s. 114
- [25]. Y. Aharonov, D. Bohm, „Time in Quantum Theory and the Uncertainty Relation for Time and Energy”, *Physical Review*, vol. 122, nr 5
- [26]. G.C. Wick, „Range of Nuclear Forces in Yukawa’s Theory”, *Nature*, 3605/1938, s. 993
- [27]. I.V. Dorman, „Istoriija sozdanija mezonnoj teorii jadernych sil”, [w:] *Issledowanija po istorii fiziki i mechaniki*, Nauka, Moskwa 1987, s. 102
- [28]. M.J. Krivuljak, „Prolema suščestvovanija i nabljudajemosti v fizike elementarnych častic”, *Vestnik Moskovskogo Universiteta* (Seria 7, *Filosofija*), 1987, nr 1, s. 43
- [29]. M. Tempczyk, *Fizyka a świat realny*, PWN, Warszawa 1986
- [30]. K. Żabicki, „Paradoksalny świat cząstek szybszych niż światło”, *Człowiek i Światopogląd*, nr 7/1987, s. 37
- [31]. L. Ryk, *Metodologiczne modele powstawania teorii w fizyce*, Ossolineum, Wrocław 1984, s. 16
- [32]. A.K. Wróblewski, *Prawda i mity w fizyce*, Iskry, Warszawa 1987, s. 35
- [33]. S.V. Illarionov, E.A. Mamčur, „Empiričeskaja proverjajemost’ gipotez i kriterii modifikacij *ad hoc*”, [w:] *Teoretičeskoje i empiričeskoje v sovremennom naučnom poznanii*, Nauka, Moskwa 1984, s. 98
- [34]. L. Bażenow, K. Morozow, M. Słucki, *Filozofia nauk przyrodniczych*, KiW, Warszawa 1968, s. 113
- [35]. Z. Piątek, *Aspekty antropocentrymu*, UJ, Kraków 1988, s. 18
- [36]. K. Żabicki, „Ontologia najnowszej fizyki”, *Człowiek i Światopogląd*, nr 8/1987, s. 129