

Jakub Kopyciński

O POSTULACIE KWANTOWEJ ZASADY WZGLĘDNOŚCI

doi: 10.37240/FiN.2022.10.1.19

STRESZCZENIE

W tym artykule analizuje się jedną z prób zszycia i tym samym usunięcia niewspółmierności teoretycznej szczególnej teorii względności z mechaniką kwantową poprzez sformowanie kwantowej zasady względności, przedstawioną w pracy *Quantum Principle of Relativity* Dragana i Ekerta (2020). Analizowany jest charakter postulatu Dragana i Ekerta i argumentuje się, że bliżej mu jest do wybiegu konwencjonalistycznego niż do nowego paradygmatu w fizyce teoretycznej. Zwraca się też uwagę na faworyzowanie w omawianym artykule instrumentalizmu matematycznego i ontycznego charakteru prawdopodobieństwa w fizyce.

Słowa kluczowe: filozofia fizyki, wybieg konwencjonalistyczny, paradygmat, instrumentalizm, przypadkowość ontyczna.

WSTĘP

Dyskusja w nauce dotycząca niekompletności mechaniki kwantowej lub jej niekompatybilności ze szczególną teorią względności (STW) trwa w zasadzie od początku XX w. i wciąż jest przedmiotem zainteresowania uznanych naukowców (Penrose 2017, s. 340–368; Łukasik 2020). W STW na pierwszy rzut oka nie uświadczymy losowości, nie będziemy też używać zbioru liczb zespolonych do opisu rzeczywistości tak, jak dzieje się to w teorii kwantów. Próby łączenia mechaniki kwantowej z STW zaowocowały różnymi wersjami teorii strun (TS), które bywają nazywane kandydatami do miana tzw. teorii wszystkiego lub teorii ostatecznej. Brakuje jednak wystarczających przesłanek eksperymentalnych, aby TS za taką uznać (Mrozek, 2018). Nawet z matematycznego punktu widzenia nie jest ona tak spójna, jak mogłoby się здаwać (Penrose, 2017, 137–157). Co więcej argument z braku alternatywy (por. Mrozek, 2018) przemawiający za poprawnością TS może być łatwo obalony. We współczesnej fizyce nadal mamy do czynienia z alternatywnymi, konkurencyjnymi wobec TS koncepcjami, chociażby z teorią twistorów (Penrose, 2017, s. 161–167).

Wśród nowych koncepcji w fizyce pojawiło się sformułowanie kwantowej zasady względności, która ma zszyć interpretacyjnie teorię względności z mechaniką kwantową – *Quantum Principle of Relativity* Dragana i Ekerta (2020) i to jemu właśnie poświęcamy główną uwagę.

Stephen Hawking (1993, s. 41–42; por. Łukasik, 2020) czyni zarzut, że część filozofów nauki (oraz samych fizyków prowadzących rozważania filozoficzne) rozważa jedynie zagadnienia fizyki początku XX w. – teorii kwantów i STW. Trudno jest jednoznacznie stwierdzić, czy ta praca odpowiada na krytykę Hawkinga. Z jednej strony dotyczy ona będzie właśnie tych dwu mechanik: relatywistycznej oraz kwantowej. Z drugiej zaś nie będzie odpowiadać na dawno zadane pytania, ale przybliży nowy, oryginalny koncept fizyczny. Wymagać to będzie jednak omówienia, które Czytelniczki i Czytelnicy znajdą w następnych krótkich pięciu punktach (od *Punktu wyjścia* do *Kwantowej zasady względności*).¹ Kolejne dwa punkty są poświęcone w całości relacji pomiędzy fizyką a filozofią nauki w kontekście pracy Dragana i Ekerta.

PUNKT WYJŚCIA

Dragan i Ekert swoje rozważania zaczynają od, zdawałoby się, jednego z najbardziej podstawowych w mechanice relatywistycznej problemów. Odpowiadają mianowicie na pytanie, jak będą przekształcały się przestrzeń i czas, kiedy przejdziemy od pewnego dwuwymiarowego układu inercyjnego O do układu poruszającego się (O') z prędkością V względem O .

W mechanice newtonowskiej przejście to dane jest transformacją Galileusza. Kiedy jednak chcemy taką sytuację opisywać w mechanice relatywistycznej, musimy posłużyć się transformacją Lorentza.² Jej użycie pozwala na wyprowadzenie fundamentalnych zjawisk relatywistycznych takich m.in. jak dylatacja czasu czy skrócenie Lorentza. I taka transformacja rzeczywiście pojawia się jako jedno z dwu rozwiązań. To drugie, które będą nazywać nadświatłym, odrzucane jest zazwyczaj przez “założenie, że nie ma sensu fizycznego”.³ Jak można się domyślać, gałąź nadświatłą nazywam tak, ponieważ prędkość V , z którą porusza się O' względem O , jest większa od prędkości światła (oznaczaną jako c).

Dodam, że brak sensu fizycznego można uzasadnić co najmniej na kilka sposobów. Po pierwsze, nie zarejestrowaliśmy na przykład cząstek poruszających się z prędkością szybszą od prędkości światła. Po wtóre zaś, dopusz-

¹ Do *minimum minorum* ograniczony jest w nich rachunek matematyczny, przedstawienie zachodzących zjawisk jest raczej jakościowe.

² Dodam tylko dla porządku, że dla niskich prędkości V transformacja Lorentza przechodzi w transformację Galileusza.

³ “... on the premise it makes no physical sense.” (Dragan, Ekert, 2020.)

czenie gałęzi nadświetlnej do rozważań powodowałoby pojawienie się paradoksów przyczynowo-skutkowych, których wątek będzie rozwinięty nieco później.

Na podstawie rozważań o rozwiązaniu nadświetlnym wyłaniają się 3 wnioski fizyczne dotyczące STW (a charakteryzujące dotychczas tylko teorię kwantów):

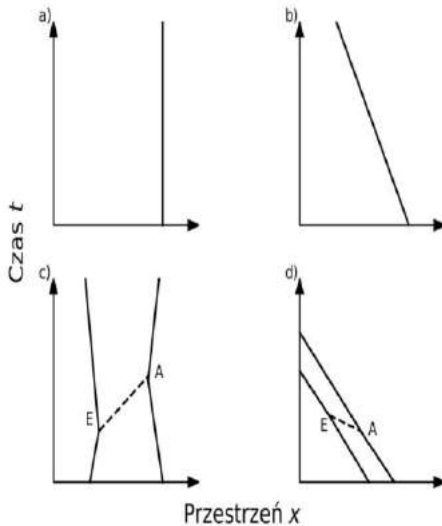
- 1) pojawia się losowość,
- 2) cząstki mogą poruszać się po wielu trajektoriach,
- 3) konieczne jest w pewnym momencie użycie zespolonych amplitud prawdopodobieństwa.

DETERMINIZM UPADA?

Aby naświetlić choć w niewielkim stopniu tę sytuację, rozważę tutaj kilka przykładów przejścia z układu O do układu O' . Spójrzmy zatem na rys. 1. Przedstawiłem na nim 4 diagramy czasoprzestrzenne. Żeby ułatwić ich odczytywanie osobom niezaznajomionym z nimi, na panelu a) przedstawiłem trywialną sytuację – trajektorię cząstki pozostającej w spoczynku (układ odniesienia O). Jak widzimy, położenie cząstki w miarę upływu czasu się nie zmienia. Panel b) to z kolei ta sama cząstka, ale z punktu widzenia obserwatora, który porusza się względem układu O z szybkością V . Panel c) pokazuje nam z kolei układ dwu cząstek każdy, wymieniających trzecią między sobą (układ odniesienia O). Tak opisuje się na przykład oddziaływanie dwu elektronów, które wymieniają foton. Wymieniana cząstka ma jednak inną własność niż foton – porusza się z prędkością nadświetlną. Cząstki takie noszą nazwę tachionów. Zazaczyłem na wykresie dwa punkty – punkt emisji tej cząstki (E) i punkt jej absorpcji (A). Kiedy przechodzimy do układu O' (panel d) na tym rysunku, widzimy, że punkty E i A zostały zamienione w czasie miejscami. To zachowanie wynika właśnie z nadświetlnej prędkości wymienianej cząstki.

Autorzy *Quantum Principle of Relativity* zakładają, na rzecz przeprowadzenia w swoich rozważaniach dowodu nie wprost, że istnieje pewien “lokalny i deterministyczny”⁴ mechanizm powodujący zdarzenie E . Poprzez lokalny należy rozumieć to, że mając do dyspozycji tylko prawą cząstkę, nie jesteśmy w stanie powiedzieć, kiedy dojdzie do emisji E z cząstki po stronie lewej. Jeżeli zatem przejdziemy z układu O do O' , zauważamy, że w O' proces wysłania cząstki nadświetlnej z A do E jest całkowicie przypadkowy. Zgodnie zaś z zasadą względności (głoszącą, że wszystkie inercjalne układy odniesienia, w tym układy O i O' , są sobie równoważne) ani w O , ani w O' nie może istnieć deterministyczny i lokalny mechanizm sterujący emisją tachionu.

⁴ “... local and deterministic ...” (Dragan, Ekert, 2020).



Rys. 1. Diagramy czasoprzestrzenne:

- cząstki spoczywającej,
- układu z panelu a) widzianego z perspektywy obserwatora poruszającego się z szybkością $|V|=0.5c$,
- układu dwu cząstek (linie ciągłe) wymieniających między sobą nadświatłą cząstkę (linia przerywana) – zdarzenie E następuje przed zdarzeniem A,
- układu z panelu c) widzianego z perspektywy obserwatora poruszającego się z szybkością $|V|=0.9c$ – zdarzenie E następuje po zdarzeniu A.

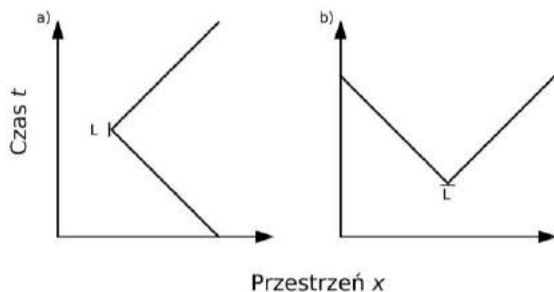
JEDNA CZĄSTKA, WIELE TRAJEKTORII

Mechanika kwantowa bywa zwykle formułowana na jeden z czterech sposobów. Są one całkowicie równoważne (Król, 2014). Jednym z nich jest choćby ujęcie Feynmanowskie. W tym sformułowaniu cząstki poruszają się jednocześnie po wielu trajektoriach. Przypisując każdej trajektorii pewien czynnik fazowy, można zapisać całkę, która da nam w rezultacie amplitudę prawdopodobieństwa (Feynman, Hibbs, 1965, s. 34). Rozwiązując równanie Schrödingera znajdujemy funkcję falową, która podobnie ma interpretację amplitudy prawdopodobieństwa.

Pokazanie, że gałąź nadświatła rozwiązań pozwala na poruszanie się cząstek po wielu trajektoriach jest zaskakująco proste. Rozważmy foton odbity od lustra, tak jak na rys. 2.

Przyjrzyjmy się temu, co dzieje się na rys. 2. Na panelu a) widzimy, że foton porusza się w kierunku lustra, w pewnym momencie się od niego odbija, a potem od tego lustra oddala. Kiedy przejdziemy do układu odniesienia poruszającego się nieskończenie szybko względem układu z panelu a), to zobaczymy zupełnie inny obraz. Na tym obrazie, pokazanym na panelu b),

widzimy, że z powierzchni lustra w pewnej chwili zaczyna poruszać się foton. Foton, który porusza się po dwu trajektoriach. “Klasyczny opis cząstki zawsze poruszającej się po jednej trajektorii staje się niespójny z zasadą względności Galileusza”⁵. W takiej sytuacji można zastosować procedurę iteracyjną i zobaczyć, że dopuszczalna jest możliwość wystąpienia dowolnej liczby trajektorii (Dragan, Ekert, 2020).



Rys. 2. Diagramy czasoprzestrzenne:

- a) fotonu odbitego od lustra (L),
- b) układu z panelu a) widzianego z perspektywy obserwatora poruszającego się z nieskończoną szybkością $|V|$.

AMPLITUDA PRAWDOPODOBIENSTWA

Uwzględnienie gałęzi nadświetlnej pozwala również na rozprawienie się z jeszcze jedną matematyczną różnicą pomiędzy STW a mechaniką kwantową. Dragan i Ekert poszukują pewnej funkcji $P^{(n)}$ przyjmującą jako argumenty wspomniane już tutaj na początku rozdziału *Jedna cząstka, wiele trajektorii* czynniki fazowe. Indeks n oznacza liczbę trajektorii, po których cząstka się porusza. Dodatkowo na tę funkcję zostały narzucone 4 warunki, z których dwa pierwsze mają znaczenie czysto matematyczne.⁶ Trzeci z warunków to taki, by $P^{(n)}$ była symetryczna ze względu na czas. Innymi słowy prawdopodobieństwo, że cząstka przejdzie pewną trajektorią z punktu A do B musi być takie samo, jak prawdopodobieństwo, że cząstka wróci tą trajektorią z B do A. Ostatni z tych warunków mówi, że prawdopodobieństwo, że cząstka porusza się po trajektorii A-B-C musi być równe iloczynowi prawdopodobieństw, że cząstka porusza się z A do B, a potem z B do C. Warunek ten jest tożsamy z tym podawanym u Feynmana i Hibbsa (1965, s. 36).

W swojej pracy Dragan i Ekert (2020) podają postać funkcji $P^{(n)}$ spełniającej wszystkie powyższe warunki. Zauważają również, że w granicy n dążą-

⁵ “... a classical description of a particle always moving along a single trajectory becomes inconsistent with the Galilean principle of relativity.” (Dragan, Ekert, 2020.)

⁶ W skrócie funkcja ta musi być gładka oraz niezależna od kolejności, w jakiej podajemy jej argumenty.

cego do nieskończoności (czyli nieskończenie wielu możliwych trajektorii) funkcja $P^{(n)}$ jest rozbieżna lub równa zero. Problem ten można rozwiązać poprzez wprowadzenie liczb zespolonych i wskazanie, że $P^{(n)}$ ma interpretację zespolonej amplitudy prawdopodobieństwa. A taka występuje również w mechanice kwantowej.

KWANTOWA ZASADA WZGLĘDNOŚCI

Jeżeli mówimy o kwantowej zasadzie względności, to warto na początek przywołać klasyczną zasadę względności Galileusza. Można ją sformułować w następujący sposób: “prawa fizyki nie powinny zależeć od wyboru inercyjnego układu odniesienia” (Halliday et al. 1997, s. 144–146).

To, co tak łatwo pokazali Dragan i Ekert w świecie o dwuwymiarowej czasoprzestrzeni, dużo trudniej zrobić dla czasoprzestrzeni 4-wymiarowej. Wcześniej w zasadzie nie było ważne, czy mówiliśmy o cząstce nadświetlnej, czy o obserwatorze poruszającym się z szybkością $|V| > c$. To, co w układzie odniesienia O było podświetlne, w układzie odniesienia O' poruszającym się z $|V| > c$ względem O stawało się nadświetlne. Kiedy dodajemy kolejne dwa przestrzenne wymiary do rozważań, to sytuacja ta nie jest taka prosta.

Jedna z interpretacji mówi, że “podświetlne i nadświetlne układy odniesienia są geometrycznie różne”.⁷ Istnieje zatem fizyczna różnica pomiędzy obserwatorami pod- i nadświetlnymi, na którą odpowiedzią jest przeformułowanie zasady Galileusza w tytułową kwantową zasadę względności: “istnienie lub nieistnienie lokalnego i deterministycznego sposobu opisu pewnego zjawiska nie powinno zależeć od wyboru inercyjnego układu odniesienia”.⁸

QUANTUM PRINCIPLE OF RELATIVITY – WYBIEG KONWENCJONALISTYCZNY CZY NOWY PARADYGMAT?

Wybieg konwencjonalistyczny możemy w sposób najprostszy zdefiniować jako sposób na ocalenie hipotezy wobec przeczących jej wyników doświadczeń zwanych anomaliami (zob. Sady, 1996). Wśród tych wybiegów możemy wymienić m.in. formułowanie hipotez pomocniczych (*ad hoc*), zmienianie definicji, podważanie kompetencji innych naukowców. Nie jest to oczywiście lista pełna (Popper, 1959, s. 81–82). Więcej zaś o tym, co w metodologii jest dozwolone można się dowiedzieć z reguł przeciw naduży-

⁷ “... subluminal and superluminal frames [are] geometrically different.” (Sutherland i Shepanski 1986.)

⁸ “... existence or non-existence of a local and deterministic mode of description of any process should not depend on the choice of the inertial reference frame.” (Dragan, Ekert, 2020.)

waniu wybiegów konwencjonalistycznych. Po pierwsze tylko takie hipotezy pomocnicze są dozwolone, które nie zmniejszają stopnia falsyfikowalności pewnego systemu teoretycznego (hipotezy, teorii), „lecz, przeciwnie, zwiększają go”.⁹ Po drugie zmiany w definicjach nie powinny być traktowane jako zmiany

w systemie teoretycznym, ale jako ustanowienie nowego systemu. W kwestii podważania kompetencji należy postawić na siłę intersubiektywizmu i spory na linii teoria-eksperyment mogą być rozstrzygnięte poprzez powtarzanie doświadczeń (Popper, 1959, s. 82–84).

Pracę Dragana i Ekerta (2020) można podzielić na dwie części, w trochę inny sposób niż to zrobiłem, by ją opisać. Część pierwsza, stanowi opis zdarzeń w 2-wymiarowej czasoprzestrzeni oraz druga, która opisuje analogiczny problem w czterech wymiarach (tam też jest wprowadzona kwantowa zasada względności). Pierwszy fragment artykułu w znaczący sposób opiera się na hipotezie, że gałąź nadświetlna jest fizycznie równo uprawnionym rozwiązaniem co gałąź podświetlna. Sposób podania tej hipotezy nie powinien ująć naszej uwagi: „Żeby pozbyć się drugiej [nadświetlnej] gałęzi rozwiązań [...] musimy wprowadzić dodatkowe fizyczne założenia”.¹⁰ Autorzy zdają się przez to sugerować, że to ich rozwiązanie jest bardziej ogólne i wyrugowanie gałęzi nadświetlnej jest właśnie jakąś hipotezą *ad hoc*. I właściwie trudno nie ulec tej argumentacji z jednym zastrzeżeniem: tachiony nie zostały dotychczas zaobserwowane. Do tego problemu jeszcze wrócimy w kolejnym rozdziale.

Zasadniczo nieodrzućenie gałęzi nadświetlnej pozostawia bez zmian stopień falsyfikowalności systemu, którym posługują się Ekert i Dragan. Nie mamy możliwości wykonania doświadczenia z tachionem albo w nadświetlnym układzie laboratoryjnym, zatem nie sposób mówić o zwiększeniu tego stopnia. A taki warunek stawia przecież Popper.

Na omawianą propozycję można spojrzeć również z punktu widzenia innego, Kuhnowskiego, systemu filozoficznego i zastanowić się, czy nie jest ona przypadkiem nowym paradygmatem. Thomas Kuhn pisze o paradygmacie, że jest to jednostka bazowa w badaniu postępu naukowego. Doprecyzowuje później, że paradygmat to akceptowany w nauce model lub wzorzec (Kuhn 1970, s. 11, 23).

W tym sensie trudno powiedzieć, że kwantowa zasada względności może być tego rodzaju *novum*. Opiera się ona właściwie w pełni na znanym już paradygmacie. Punktem wyjścia jest przecież wyprowadzenie transformacji Lorentza, a zatem podstawowy, bazowy problem STW. Uznać można, że nowy paradygmat w fizyce teoretycznej powinien się charakteryzować wykorzystaniem metod matematycznych wcześniej w niej niestosowanych. Tak

⁹ „... but, on the contrary, increase it.” (Popper, 1959, s. 83.)

¹⁰ “In order to get rid of the second branch of solutions (9), we have to introduce additional physical assumptions.” (Dragan, Ekert, 2020.)

bowiem powstawało wiele użytecznych teorii (Mrozek, 2016). Pracę tę nazwałbym awangardową, sprzeciwia się ona bowiem utartemu myśleniu o gałęzi nadświetlnej. Mimo niezwykle twórczego wykorzystania matematyki praca Dragana i Ekerta nie spełnia jednak warunku, by wpisać ją w ramę aż tak wielkiej nieszablonowości. Jej autorzy nie wprowadzili właściwie żadnych tak nowych narzędzi jak choćby użycie geometrii nieeuklidesowej w ogólnej teorii względności, którą na początku XX w. nowym paradygmatem można by było nazwać.

Kuhn uważa, że paradygmaty z zasady tworzone są przez naukowców młodych lub nowych w dziedzinie (1970, s. 88–90). Pozwolę sobie pominąć jednak rozważania w tym świetle i nie prowadzić klasyfikacji prac naukowych ze względu na wiek autorów. Przejdę do stwierdzenia, że paradygmat, by był użyteczny i odniósł sukces, musi rozwiązywać stare problemy w nauce (Kuhn, 1970, 153). I tutaj, rzeczywiście, kilka problemów interpretacyjnych, które istniały na zbiegu STW i mechaniki kwantowej zostało niejako rozwiązanych.

Warto zauważyć, że w artykule Dragana i Ekerta nie jest stworzony żaden koncept, który moglibyśmy określić mianem niewspółmiernego teoretycznie (Kuhn, 1970, s. 162–163; Feyerabend, 1993, s. 182). Wręcz przeciwnie, sami autorzy starają się opierać wyłącznie na dobrze znanych i zinterpretowanych już zdobyczach mechaniki kwantowej i STW. Nie tworzą chociażby oni neosemantyzmów ani nowej ontologii.

Chociaż praca Dragana i Ekerta (2020) sama nie stanowi paradygmatu, a bliżej jej do wybiegu konwencjonalistycznego, to należy podkreślić w tym momencie dwie rzeczy. Po pierwsze hipotezy *ad hoc* bywają w nauce dobrym kierunkiem rozwoju i samo określenie tym mianem systemu teoretycznego nie stanowi o jego nieużyteczności. Po drugie zaś koncepcja ta może ulec w najbliższych latach rozwojowi i w takim wypadku należy postrzegać *Quantum Principle of Relativity*, chyba wbrew intencji samych autorów pracy, jako przyczynę do rewolucji w nauce.

O FIZYCE PRZEZ PRYZMAT *QUANTUM PRINCIPLE OF RELATIVITY*

Omawiany artykuł Dragana i Ekerta niesie ze sobą bardzo ciekawe wnioski fizyczne, ale można z niego też wiele wysupłać, jeśli chodzi o filozofię nauki. Zgodnie z wcześniejszą zapowiedzią wracam teraz do problemu istnienia tachionów i obserwatorów nadświetlnych. W podsumowaniu pracy możemy znaleźć bowiem bardzo ciekawy postulat: “[wykluczenie z rozwiązań gałęzi nadświetlnej] nie jest konieczne bez względu na to, czy tacy [nadświetlni] obserwatorzy istnieją czy nie”.¹¹ Zatem w przeciwieństwie do Penrose’a (Penrose, Urbaniec, 1993) i Einsteina (por. Mrozek, 1996) autorzy

¹¹ “... regardless whether such observers exist or not, is not necessary.” (Dragan, Ekert, 2020.)

tej pracy zdają się opowiadać po stronie instrumentalizmu. Nie odrzucają jako niefizycznej gałęzi nadświatłowej, ale również nie postulują, że muszą istnieć cząstki nadświatłowe. Zawarte w *Quantum Principle of Relativity* koncepcje właściwie łączą tylko istniejącą niewspółmierność mechaniki kwantowej i STW. W tej pierwszej pojawia się przecież losowość, możliwość poruszania się cząstek po wielu trajektoriach oraz zbiór liczb zespolonych. Dragan i Ekert pokazują zaś, że przy pewnym podejściu również i takie interpretacje można zobaczyć w rachunku relatywistycznym. Notabene Dragan matematykę w jednym z wywiadów nazwał “protezą myślową” (Nowak, 2019), co zdaje się dodatkowo wspierać tezę o instrumentalistycznym widzeniu matematyki w artykule.

Kolejnym bardzo ciekawym aspektem, który można dostrzec w rozważaniach Dragana i Ekerta, jest obecność i status przypadkowości w fizyce. Mają oni do dyspozycji alternatywę: albo lokalny i niedeterministyczny, albo nielokalny i deterministyczny opis rzeczywistości (Bell, 1964); wybierają ten pierwszy, praktycznie bez żadnego uzasadnienia. To ontyczny charakter przypadkowości zdaje się być faworyzowany. Dzieje się to być może ze względu na pewną nieintuicyjność nielokalności (Kuś, 2018). Jednak jak każda szeroko uznawana interpretacja teorii kwantów, tak i ta stosowana w *Quantum Principle of Relativity* jest zgodna z interpretacją kopenhaską.

PODSUMOWANIE

Awangardowe podejście do fizyki w *Quantum Principle of Relativity* czyni tę pracę niezwykle cenną nie tylko z punktu widzenia fizyki, ale także filozofii nauki. Chociaż analizę, którą tutaj przedstawiam trudno nazwać kompletną, to jednak rzuca ona światło na obraz fragmentu współczesnej fizyki, która wymyka się klasyfikacjom, dotyczy bowiem przecięcia teorii względności i teorii kwantów.

Na pewno warto raz jeszcze zwrócić uwagę na to, że metody używane do argumentacji w analizowanej pracy są bliższe wybiegom konwencjonalistycznym. To stwierdzenie nie stanowi oczywiście o ocenie użyteczności czy oryginalności tej pracy. Brak potwierzonego istnienia cząstek nadświatłowych, niezwiększanie stopnia falsyfikowalności teorii czy niestosowanie typowego dla nowego paradygmatu języka – to wszystko przemawia na rzecz tego, iż artykuł ten nie proponuje nowego paradygmatu.

Na koniec podkreśliłbym, że u Dragana i Ekerta w kontekście relacji matematyka–fizyka faworyzowany jest instrumentalizm, zaś w opisie charakteru przypadkowości w fizyce dominuje narracja o jej ontycznej, a nie epistemicznej, naturze. Wskazują na to sformułowania dotyczące istnienia w rzeczywistości obserwatorów nadświatłowych oraz wybór na rzecz opisu świata lokalnego i niedeterministycznego, nie zaś nielokalnego i deterministycznego.

BIBLIOGRAFIA

- J. S. Bell, *On the Einstein-Podolsky-Rosen Paradox*, *Physics* 1(3), 1964.
- A. Dragan, A. Ekert, *Quantum Principle of Relativity*, *New Journal of Physics*, 22, 2020.
- P. K. Feyerabend, *Against Method*, Verso Book, Londyn 1993.
- R. P. Feynman, A. R. Hibbs, *Quantum Mechanics and Path Integrals*, McGraw Hill Book Company, Nowy Jork 1965.
- D. Halliday, R. Resnick, J. Walker, *Fundamentals of Physics*, Wiley, Nowy Jork 1997.
- S. Hawking, *Black Holes and Baby Universes and Other Essays*, Bantam Books, Nowy Jork 1993.
- Z. Król, *Filozofia a nauki ścisłe*, *Filozofia i Nauka*, t. 2, 2014.
- T. S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolution*, University of Chicago Press, Chicago 1970.
- M. Kuś, *Czy możemy wykazać istnienie zjawisk całkowicie przypadkowych?*, *Zagadnienia Filozoficzne w Nauce*, 65, 2018.
- A. Łukasik, *O postawach fizyków wobec filozofii*, *Filozofia i Nauka*, t. 8, cz.2, 2020.
- J. Mrozek, *Matematyka – narzędzie czy opis? Instrumentalistyczna i realistyczna interpretacja zastosowań matematyki*, *Filozofia Nauki*, 4 (2), 1996.
- , *Czy odwrót od naturalizmu w fizyce?*, *Filozofia i Nauka*, t. 4, 2016.
- , *Czy zmiana kryteriów we współczesnej fizyce teoretycznej?*, *Filozofia i Nauka*, t. 6, 2018.
- T. Nowak, *Kwanty, czyli zamknij się i licz*, *Rzeczpospolita*, 284 (11527), 2019.
- R. Penrose, *Moda, wiara i fantazja we współczesnej fizyce Wszechświata*, przeł. Ł. Lamża, T. Miller, Copernicus Center Press, Kraków 2017.
- R. Penrose, J. Urbaniec, *Świat fizyczny wylania się z matematyki. Z Rogerem Penrosem rozmawia Jacek Urbaniec*, *Filozofia Nauki*, 1 (1), 1993.
- K. R. Popper, *Logic of the Scientific Discovery*, Basic Books, Nowy Jork, 1959.
- W. Sady, *Cztery wielkie nurty w metodologii XX wieku*, *Filozofia Nauki*, 4 (2), 1996.
- R. I. Sutherland, J. R. Shepanski, *Superluminal Reference Frames and Generalized Lorentz Transformation*, *Physical Review D*, 33 (10), 1986.

ON THE QUANTUM PRINCIPLE OF RELATIVITY POSTULATE

ABSTRACT

This article analyses one of the trials aiming to bridge the incommensurability gap between special relativity and quantum mechanics in the form of postulating the quantum principle of relativity. The postulate is argued here to be rather a conventionalist stratagem than a new paradigm in theoretical physics. It is worth emphasising this claim does not assess the scientific value of the analysed work at all. Moreover, I draw attention to favouring both the mathematical instrumentalism and the ontic character of probability in the article in question.

Keywords: philosophy of physics, conventionalist stratagem, paradigm, instrumentalism, ontic randomness.

O AUTORZE — doktorant, Centrum Fizyki Teoretycznej PAN, Al. Lotników 32/46 02-668 Warszawa.

Email: jkopycinski@cft.edu.pl