

KSIAŻKA STRESZCZEŃ

XXI Ogólnopolska Konferencja Filozofii Fizyki

***Kwantowanie i natura rzeczywistości
W 100-lecie mechaniki kwantowej***



Poznań, 24-25 października 2025 r.

ORGANIZATORZY

Wydział Filozoficzny oraz Wydział Fizyki i Astronomii UAM serdecznie zapraszają do uczestnictwa w kolejnej, XXI edycji Ogólnopolskiej Konferencji Filozofii Fizyki. Tegoroczna konferencja ***Kwantowanie i natura rzeczywistości. W 100-lecie mechaniki kwantowej*** zorganizowana jest w rocznicę ukazania się przełomowych prac Borna, Heisenberga, Pauliego i Diraca. Z tej okazji chcielibyśmy zaprosić uczestników do ponownej refleksji nad znaczeniem tych rewolucyjnych odkryć i nowymi perspektywami rozwiązywania fascynujących problemów, jakie wciąż generują w oczach i filozofów, i fizyków.



Wydział
Filozoficzny



Wydział Fizyki
i Astronomii

KOMITET ORGANIZACYJNY

Członkowie honorowi:

- prof. dr hab. Zdzisław Błaszczak (Wydział Fizyki i Astronomii UAM)
- prof. UAM dr hab. Antoni Szczuciński (Wydział Filozoficzny UAM)

Organizatorzy odpowiedzialni:

- prof. UAM dr hab. Marek Woszczek (Wydział Filozoficzny UAM)
- prof. UAM dr hab. Jarosław W. Kłos (Wydział Fizyki i Astronomii UAM)

Organizatorzy – pomoc techniczna:

- Adam Opara (Wydział Filozoficzny UAM)
- Julia Kharlan (Wydział Fizyki i Astronomii UAM)

PATRONAT



Polskie Towarzystwo Filozoficzne



Polskie Towarzystwo Fizyczne



Międzynarodowy Rok Nauki i Technologii Kwantowej

INFORMACJE ORGANIZACYJNE

STRONA WWW



www.okff.amu.edu.pl

MIEJSCE KONFERENCJI

Aula prof. Arkadiusza Piekary
Wydział Fizyki i Astronomii UAM
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 2, 61–614 Poznań

Dojazd:

Najlepiej dojechać bezpośrednio tramwajem nr 12 z przystanku Poznań Główny na Moście Dworcowym albo ewentualnie tramwajami nr 12 lub 14 z przystanku Dworzec Zachodni (można tam dojść przejściem podziemnym pod peronami). Przejazd do pętli końcowej (Os. Sobieskiego) zajmuje około 20 min, skąd można bez problemu przejść pieszo na kampus uniwersytecki Morasko (dojście na drugi koniec kampusu do budynku Wydziału Fizyki i Astronomii, wejście A lub B, to dodatkowo ok. 10-15 min).



REJESTRACJA PRELEGENTÓW

Rejestracja prelegentów będzie się odbywać w piątek 24.10 w godz. 12:00-13:00 przed Aulą prof. Piekary. Poza tymi godzinami będzie można odebrać materiały konferencyjne na portierni przy wejściu A.

WYGLASZANIE REFERATU

Wykłady regularne trwają 20 min, wykład otwierający – 30 min, a wykłady plenarne – 40 min. Po każdym wykładzie przewidziano 10 min. na dyskusję. W przypadku ilustracji wykładu prezentacją prosimy przygotować ją w formacie pptx lub pdf i skopiować przed sesją na komputer znajdujący się w Auli.

TEMATYKA

KWANTOWANIE I NATURA RZECZYWISTOŚCI. W 100-LECIE MECHANIKI KWANTOWEJ

Rok 1925 był przełomowy w historii nowożytnej fizyki. Dokładnie sto lat temu ukazała się seria prac będąca przejściem od wczesnej („starej”) teorii kwantów do pełnej mechaniki kwantowej. Grupa z Getyngi: Max Born, Pascual Jordan i Werner Heisenberg, równolegle z Pauliem Dirakiem z Cambridge, podjęła problem matematycznego opisu dynamiki układów kwantowych, który uwzględnia nieklasyczną nieprzemienność przejść kwantowych, dotyczących różnych wielkości fizycznych ([1]–[5]). To algebraiczne podejście określane jest jako tak zwana mechanika macierzowa. Pod koniec tego samego roku Erwin Schrödinger, pracujący wówczas w Zurychu, sformułował równanie różniczkowe opisujące dynamikę tak zwanej funkcji falowej w oparciu o koncepcję dualizmu falowo-korpuskularnego, sformalizowaną w opublikowanym rok wcześniej doktoracie Louisa de Broglie’a. Oba podejścia – mechanika macierzowa i mechanika falowa – stanowią fundamenty współczesnej teorii kwantowej, a ich początkowo trudna do zaakceptowania równoważność ujawnia się w ogólnym sformułowaniu algebraicznym, zaproponowanym kilka lat później przez Johna von Neumanna i wykorzystującym linowe przestrzenie funkcyjne – zespolone przestrzenie Hilberta.

Mechanika kwantowa w postaci proponowanej w połowie trzeciej dekady XX wieku przez Heisenberga i Schrödingera w pewien sposób koresponduje z mechaniką klasyczną. Kwantowość „wyłania się” tu ze świata klasycznego poprzez wprowadzenie w formalizmie odpowiednich reguł komutacji macierzy lub operatorów. Jednakże rok 1925 odkrył również przed nami osobliwości świata kwantowego, które nie mają żadnego odpowiednika w świecie klasycznym – zupełnie nową „zasadę wykluczania”, postulowaną przez Wolfganga Pauliego [6], a także spin jako własność cząstek, zaproponowaną przez George’a Uhlenbecka i Samuela Goudsmita [7]. Pojęcie spinu ujawniło swoją predykcyjną siłę i teoretyczną iedozowność już kilka lat później, gdy Dirac sformułował podstawowe równanie relatywistycznej mechaniki kwantowej.

W 100-lecie wspomnianych prac chcielibyśmy ponownie zaprosić do namysłu nad znaczeniem tych odkryć i perspektywami rozwiązania zaskakujących problemów filozoficznych, jakie stopniowo wygenerowały. Sądzymy, że zarówno dla fizyków, jak i filozofów nadal ważne jest zrozumienie, z jakimi problemami borykali się pionierzy mechaniki kwantowej. Ta wyboista droga pełna jest interesujących problemów interpretacyjnych i formalnych, choć o części z nich już nie pamiętamy lub je zbyt łatwo oswoiiliśmy. Co istotne, po tak długim czasie nie są to często tylko dyskusje czysto teoretyczne, lecz mają również bezpośrednie związki z dzisiejszymi technologiami kwantowymi i bezprecedensowymi możliwościami testowania teorii kwantowej, o których fizycy roku 1925 mogli tylko marzyć.

Chcielibyśmy zatem prosić o refleksję na pograniczu fizyki i filozofii, zarówno metafizyki, jak i epistemologii i logiki, a także ogólnej filozofii nauki i metodologii, w której dyskusje wokół rozumienia „rewolucji w fizyce” stały się w XX wieku tak ważne.

[1] Born, M., Jordan, P. (1925), *Z. Phys.* **33**, 479.

[2] Heisenberg, W. (1925), *Z. Phys.* **33**, 879.

[3] Born, M., Jordan, P. (1925), *Z. Phys.* **34**, 858.

[4] Born, M., Heisenberg, W., Jordan, P. (1925), *Z. Phys.* **35**, 557.

[5] Dirac, P.A.M. (1925), *Proc. Roy. Soc. A* **109**, 642.

[6] Pauli, W. (1925), *Z. Phys.* **31**, 765.

[7] Uhlenbeck, G.E., Goudsmit, S.A. (1925), *Naturwiss.* **13**, 953.

ZAPROSZENI WYKŁADOWCY

dr Tomasz Miller – fizyk matematyczny i popularyzator nauki, adiunkt w Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych Uniwersytetu Jagiellońskiego. Zajmuje się problemami badawczymi na pograniczu teorii kwantowej i teorii względności, w szczególności zagadnieniem przyczynowości w kontekście kwantowym. Ceniony tłumacz literatury popularyzującej postępy fizyki.

prof. dr hab. Paweł Horodecki – fizyk teoretyk, specjalista w zakresie podstaw mechaniki kwantowej i kwantowej teorii informacji, kierownik Krajowego Centrum Informatyki Kwantowej (Uniwersytet Gdański) i współtwórca Międzynarodowego Centrum Teorii Technologii Kwantowych (Uniwersytet Gdański) o światowej renomie, profesor na UG i Politechnice Gdańskiej. Autor pionierskich prac z zakresu m.in. fizyki splątania kwantowego, komunikacji i kryptografii kwantowej, uogólnionych (post-kwantowych) teorii probabilistycznych.

prof. dr hab. Tomasz Bigaj – filozof nauki, czołowy polski filozof fizyki, profesor filozofii na Uniwersytecie Warszawskim. Zajmuje się ontologicznymi problemami fizyki, w szczególności fizyki kwantowej, interpretacjami mechaniki kwantowej, zwłaszcza w związku z fundamentalnymi zagadnieniami metafizyki analitycznej i logiki modalnej. Autor m.in. książki *Identity and Indiscernibility in Quantum Mechanics* (2022).

PROGRAM

PIĄTEK, 24 PAŹDZIERNIKA

12:00 – 13:00	rejestracja
13:00 – 13:15	otwarcie konferencji
13:15 – 13:55	wykład otwierający Tomasz Miller <i>90 lat kota Schrödingera</i>
13:55 – 14:25	wykład 1 Przemysław Chełminiak <i>Rozkład Plancka a prawo przesunięć Wiena</i>
14:25 – 14:55	wykład 2 Jarosław W. Kłos <i>Mechanika macierzowa Wernera Heisenberga</i>
14:55 – 15:25	wykład 3 Antoni Szczuciński <i>Rewolucja kwantowa. Filozoficzne dylematy fizyków</i>
15:25 – 15:45	przerwa kawowa
15:45 – 16:15	wykład 4 <u>Daria Babyn</u> i Kacper Pilarczyk <i>Od odkrycia elektronu do elektroniki przyszłości – historia zamknięta w kropce kwantowej</i>
16:15 – 16:45	wykład 5 Zbigniew Jacyna-Onyszkiewicz <i>Mechanika kwantowa i jej interpretacja</i>
16:45 – 17:15	wykład 6 Paweł Kurzyński <i>Scenariusz Bella bez założenia wolnej woli obserwatora</i>
17:15 – 18:05	wykład plenarny 1 Paweł Horodecki <i>Losowość, determinizm i fundamenty naukowego poznania. Perspektywa inspirowana kwantową teorią informacji</i>
18:05 – 19:30	kolacja

PROGRAM

SOBOTA, 25 PAŹDZIERNIKA

09:00 – 09:50	wykład plenarny 2 Tomasz Bigaj <i>Czy mechanika kwantowa da się oswoić?</i>
09:50 – 10:20	wykład 7 Wojciech Grygiel <i>Filozoficzne motywacje Rogera Penrose’a interpretacji mechaniki kwantowej</i>
10:20 – 10:50	wykład 8 <u>Agnieszka M. Proszewska</u> i Michał Białończyk <i>Kwantowanie i granice: studium przypadku z mechaniki kwantowych układów wielociałowych</i>
10:50 – 11:20	wykład 9 Marek Woszczek <i>Kontekstualność kwantowa, wartości słabe i ontologia potencjalności</i>
11:20 – 11:40	przerwa kawowa
11:40 – 12:10	wykład 10 Andrzej Łukasik <i>Czy podstawą wszelkich nauk jest fizyka (kwantowa)? Nauka jako „zestaw małego konstruktora” w ujęciu Nancy Cartwright – analiza krytyczna</i>
12:10 – 12:40	wykład 11 Jan Czerniawski <i>Źródło i natura indeterminizmu kwantowego a splątanie kwantowe</i>
12:40 – 13:10	wykład 12 Adam Opara <i>Co można zredukować? Relacje międzypoziomowe w fizyce kwantowej</i>
13:10 – 13:40	wykład 13 Mateusz Pietryka <i>Fizyka kwantowa jako katastrofa społeczna w filozofii Giorgia Agambena</i>
13:40 – 13:55	zamknięcie konferencji
13:55 – 14:40	obiad

PROWADZĄCY SESJE

Zbigniew Jacyna-Onyszkiewicz	wykład otwierający, wykłady 1-3
Antoni Szczuciński	wykłady 4-6, wykład plenarny 1
Jarosław W. Kłos	wykład plenarny 1, wykłady 7-9
Marek Woszczek	wykłady 10-13

STRESZCZENIA

Daria Babyn i Kacper Pilarczyk	AGH	str. 12
Tomasz Bigaj	UW	str. 16
Przemysław Chełminiak	UAM	str. 9
Jan Czerniawski	UJ	str. 21
Wojciech Grygiel	UPJPII	str. 17
Paweł Horodecki	UG, PG	str. 15
Zbigniew Jacyna-Onyszkiewicz	UAM	str. 13
Jarosław W. Kłos	UAM	str. 10
Paweł Kurzyński	UAM	str. 14
Andrzej Łukasik	UMCS	str. 20
Tomasz Miller	UJ	str. 8
Adam Opara	UAM	str. 22
Mateusz Pietryka	Uniwersytet Vizja	str. 23
Agnieszka M. Proszewska i Michał Białończyk	UJ	str.18
Antoni Szczuciński	UAM	str. 11
Marek Woszczek	UAM	str. 19

90 LAT KOTA SCHRÖDINGERA

Tomasz Miller¹

¹ *Centrum Kopernika Badań Interdyscyplinarnych UJ,
ul. Szczepańska 1/5, 31-011 Kraków*

Gdy w 1935 roku Erwin Schrödinger zamykał hipotetycznego kota w pudełku [1], raczej nie mógł przypuszczać, że tworzy bodaj najśłynniejszy eksperyment myślowy w historii fizyki. W tym popularnonaukowym wykładzie przyjrzymy się bliżej, na jakie problemy mechaniki kwantowej chciał wtedy zwrócić uwagę austriacki fizyk. Co jego kot mówi o naturze funkcji falowej, kwantowej superpozycji i aktu pomiaru? Co na temat losów nieszczęsnego zwierzaka mają do powiedzenia różne interpretacje mechaniki kwantowej? Czy dziś, po upływie dziewięciu dekad rozwoju teorii i przeprowadzania coraz doskonalszych eksperymentów (nie tylko myślowych), umiemy opowiedzieć historię kota Schrödingera do końca?

[1] Schrödinger, E. (1935), Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik. *Naturwiss.* **23**, 807.

ROZKŁAD PLANCKA A PRAWO PRZESUNIĘĆ WIENA

Przemysław Chełminiak¹

¹ *Instytut Spintroniki i Informatyki Kwantowej, Wydział Fizyki i Astronomii, UAM,
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 2, 61-614 Poznań*

W powszechnie panującej opinii historyków nauki początki fizyki kwantowej należy wiązać z termodynamiką promieniowania termicznego. Zagadnienie to znane jest pod nazwą promieniowania ciała doskonale czarnego, a dotyczy rozkładu spektralnego energii w zależności od długości lub częstotliwości fali i temperatury tego promieniowania. W 1900 roku Max Planck podał prawidłowe równanie, znane obecnie jako formuła Plancka, opisujące wspomniany rozkład energii, postulując w akcie desperacji nieklasyczny związek między energią i częstotliwością drgań pola termicznego. W szerokim zakresie długości fali rozkład Plancka posiada maksimum dla określonej temperatury i długości fali. Iloczyn tych dwóch wielkości jest zadany przez podstawowe stałe fizyczne i powinien wynikać bezpośrednio z prawa Plancka. To tak zwane prawo przesunięć WIENA. Problem w tym, że nie można tego pokazać wykonując obliczenia przy użyciu prostych funkcji elementarnych. Można to natomiast zademonstrować posługując się rozkładem spektralnym WIENA, ograniczonym do wąskiego zakresu krótkich długości fali promieniowania termicznego.

W swoim wystąpieniu zademonstruję sposób, dzięki któremu możliwe jest uzyskanie prawa przesunięć WIENA bezpośrednio z rozkładu Plancka. W tym celu wprowadzę funkcję W-Lamberta, mającą skuteczne zastosowania między innymi w fizyce, biochemii, dynamice populacyjnej, epidemiologii, algorytmice i analizie kombinatorycznej. Przy okazji omówię kilka osobliwych własności tej funkcji specjalnej.

MECHANIKA MACIERZOWA WERNERA HEISENBERGA

Jarosław W. Kłos¹

¹ Instytut Spintroniki i Informatyki Kwantowej, Wydział Fizyki i Astronomii, UAM,
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 2, 61-614 Poznań

W czerwcu 1925 r. Werner Heisenberg publikuje pracę *Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen* (Reinterpretacja kinematycznych i mechanicznych relacji na gruncie teorii kwantów) [1]. Praca motywowana jest kryzysem wczesnej teorii kwantów, która boryka się zarówno z problemami interpretacyjnymi, dotyczącymi rozumienia wielkości fizycznych i relacji pomiędzy nimi w świecie kwantowym, jak i z nieskutecznością w wyjaśnianiu wyników doświadczalnych w tym obszarze rzeczywistości. Heisenberg wprowadza formalizm matematyczny, który wyjaśnia obserwowane częstotliwości i prawdopodobieństwa przejść kwantowych zgodnie z regułą Rydberga–Ritza [2] i teorią Kramersa [3]. Praca prowadzi do sformułowania reguł komutacji dla obiektów matematycznych (macierzy) reprezentujących wielkości fizyczne oraz nowej reguły kwantowania. Zasady komutacji i macierzowa reprezentacja wielkości fizycznych wynikają z konieczności spełnienia reguły Rydberga–Ritza. Natomiast kwantowanie zaproponowane przez Heisenberga uwzględnia zastąpienie „klasycznych” pochodnych różnicami skończonymi, zgodnie z propozycją Kramersa.

Przełomowa praca Heisenberga, określana jako „*Umdeutung paper*”, jest śmiałym i dalekim krokiem w rozwoju teorii kwantowej. Ujawnia fundamentalną odrębność świata kwantowego, która wymaga nowego opisu formalnego oraz fizycznej i filozoficznej (re)interpretacji. W krótkiej perspektywie prowadzi to do sformułowania zasady nieoznaczoności. Ostatecznie mechanika macierzowa Heisenberga stanowi fundament dojrzałej teorii kwantowej, wykorzystującej liniowe przestrzenie funkcyjne – przestrzenie Hilberta. Cudownie dziwna forma matematyczna świata kwantowego przedstawiona w „*Umdeutung paper*” nie przystaje do potocznej racjonalności świata fizyki klasycznej, okazuje się za to zaskakująco skuteczna w opisie zjawisk kwantowych. Z tego względu praca Heisenberga wpisuje się w antyrealistyczny nurt filozofii fizyki, który najpełniej wyraża się w interpretacji kopenhaskiej; jej piętno odczuwa każdy „wątpiący” fizyk, gdy słyszy „*Shut up and calculate*” [4].

Wykład jest komentarzem dotyczącym wspomnianej pracy Wernera Heisenberga.

[1] Heisenberg, W. (1925), *Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen*. *Z. Phys.* **33**, 879.

[2] Ritz, W. (1908), On a new law of series spectra. *Astrophys. J.* **28**, 237.

[3] Kramers, A.H., Heisenberg, W. (1925), *Über die Streuung von Strahlung durch Atome*. *Z. Phys.* **31**, 681.

[4] Mermin, N.D. (1989), What's wrong with this pillow? *Phys. Today* **42**, 9.

REWOLUCJA KWANTOWA. FILOZOFICZNE DYLEMATY FIZYKÓW

Antoni Szczuciński¹

¹ Wydział Filozoficzny, UAM,
ul. Szamarzewskiego 89C, 60–568 Poznań

Jeśli przez rewolucję naukową rozumieć zasadniczą zmianę poglądów w danej dyscyplinie naukowej, odrzucenie dawnej teorii i zastąpienie jej nową, to niewątpliwie sformułowanie mechaniki kwantowej można opisać jako rewolucję w fizyce. Czy zdarzyło się to w roku 1925? Za początek mechaniki kwantowej przyjmuje się najczęściej koniec lipca 1925 roku, a więc czas ukazania się pracy Wernera Heisenberga *Über quantentheoretische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen*. W listopadzie Paul Dirac wysłał do druku pracę *Podstawowe równania mechaniki kwantowej*, wcześniej ukazał się artykuł Wolfganga Pauliego o zakazie identycznych wartości wszystkich liczb kwantowych dla dwóch elektronów w atomie. W tymże roku ukazała się publikacja Georga Uhlenbecka i Samuela Goudsmita, wprowadzająca pojęcie spinu elektronu. Mniej więcej w tym samym czasie Erwin Schrödinger przygotował falową wersję mechaniki – artykuły ukazały się wiosną 1926 roku.

Rewolucja kwantowa pojmowana szerzej trwała jednak dłużej i zaczęła się wcześniej. Pojawiły się w niej okresy przejściowe i przełomy. Sądzę, że można w niej wyróżnić następujące etapy:

- I. *czas zaburzeń* (1900–1913), charakteryzujący się pojawieniem trudności teoretycznych oraz rozbieżnością klasycznych prognoz i nowych eksperymentów; zaburzeń tych nie można wyjaśnić w ramach fizyki klasycznej;
- II. *przełom wstępny* (1913), polegający na sformułowaniu programu badawczego, próbującego usuwać zaburzenia oraz na podaniu radykalnie odmiennej (choć w ramach starych pojęć) koncepcji teoretycznej, a więc teorii atomu Nielsa Bohra;
- III. *czas uzgadniania i zaburzeń drugiego rodzaju* (1913–1925), w którym uzgadnianie polega na próbie pogodzenia fizyki klasycznej, nowej propozycji teoretycznej i coraz to nowych wyników empirycznych; pojawiają się nowe zaburzenia – tym razem niezgodność z teorią Bohra–Sommerfelda;
- IV. *przełom zasadniczy* (1925–1928), polegający na zaproponowaniu innego rozumienia pojęć i sformułowaniu systemu teoretycznego nowego rodzaju – macierzowej i falowej mechaniki kwantowej.

Nowa fizyka stała się impulsem filozoficznym głównie dzięki filozofującym fizykom, a słynny i wieloletni spór Einsteina i Bohra nadal wywołuje dyskusje w gronie filozofów nauki. Stanowisko nawiązujące do „realizmu fizycznego” Einsteina było wspierane m.in. przez Bohra i Hiley’a (konceptcja potencjału kwantowego), Everetta, DeWitta i Deutscha (teoria wielu światów), czy też Penrose’a. Interpretacja antyrealistyczna, która opiera się na propozycji Bohra i Heisenberga, zakładającej znaczącą rolę obserwatora w poznawaniu świata, znalazła wsparcie Wignera, Aspecta, Wheelera, Peierlsa czy Hawkinga. Wielu autorów uważa, że ta interpretacja jest nadal „oficjalną” wykładnią mechaniki kwantowej.

OD ODKRYCIA ELEKTRONU DO ELEKTRONIKI PRZYSZŁOŚCI. HISTORIA ZAMKNIĘTA W KROPCE KWANTOWEJ

Daria Babyn¹, Kacper Pilarczyk²

¹ *Akademickie Centrum Materiałów i Nanotechnologii, AGH,
ul. Kawiorów 30, 30-055 Kraków*

² *Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, AGH,
ul. Reymonta 19, 30-059 Kraków*

Elektron odkryty został w 1897 roku przez Josepha Thomsona, który, mówiąc: „*The electron: may it never be of any use to anybody!*” [1], dał wyraz idei doceniania badań podstawowych bez oczekiwania ich praktycznych zastosowań. Rozwój technologii wskazał jednak kierunek przeciwny tej myśli: praca Thomsona stała się fundamentem zrozumienia właściwości nośników ładunku – elektronów i dziur – oraz kontrolowania ich przepływu w mikro- i nanoskali, przekładając się bezpośrednio między innymi na budowę tranzystorów, komponentów, które dały początek współczesnej elektronice. W konsekwencji, dzięki tym pionierskim pracom, weszliśmy pod koniec XX wieku w erę społeczeństwa informacyjnego, w której rosnące wymagania względem przetwarzania informacji narzucają poszukiwanie nowych rozwiązań technologicznych.

Wykład przedstawia historyczne kamienie milowe tej podróży – od fundamentalnych właściwości elektronu, aż po jego zachowanie w nanostrukturach, takich jak kropki kwantowe. W szczególności, w trakcie wykładu omówione zostaną badania skupiające się na manipulacji pojedynczym elektronem: tranzystory jednoelektronowe wskazują jeden z kierunków dla wydajnych obliczeniowo oraz energetycznie technologii przyszłości.

Zaprezentowana zostanie ewolucja postrzegania elektronu przez pryzmat badań podstawowych oraz aplikacyjnych, z uwzględnieniem stawianych pytań filozoficznych, które podkreślają znaczenie tej niezwyklej cząstki dla głębszego zrozumienia natury rzeczywistości. Ten dualizm – połączenie ścisłych badań naukowych z refleksją filozoficzną – pokazuje, jak filozofia może przyczynić się do technologicznej rewolucji. Tytuł referatu to nie tylko gra słów nawiązująca do elektronu uwięzionego w kropce kwantowej, ale także symboliczny przekaz. Kropka kwantowa – choć maleńka – jest absolutnie niezwykle i fascynująca. Podobnie ta historia zamknięta w dwudziestominutowym wykładzie może być początkiem czegoś niezwykle.

[1] (1951), *Proc. Roy. Inst. Gr. Brit.* **35**, 251.

[2] Eisberg, R., Resnick, R. (1983), *Fizyka kwantowa atomów, cząsteczek, ciał stałych, jąder i cząstek elementarnych*. Warszawa: PWN.

[3] Wróblewski, A.K. (2025), *Historia fizyki od czasów najdawniejszych do współczesności*. Warszawa: PWN.

[4] Gribbin, J. (2020), *Sześć niemożliwych rzeczy. Kwanty ukojenia i tajemnice subatomowego świata*. Warszawa: Prószyński i S-ka.

[5] Raymer, M.G. (2024), *Fizyka kwantowa*. Warszawa: PWN.

[6] Griffiths, D.J., Darrell, D.F. (2021), *Wstęp do mechaniki kwantowej*. Warszawa: PWN.

[7] Leś, Z. (2021), *Podstawy fizyki atomu*. Warszawa: PWN.

[8] Białynicki-Birula, I. (2016), *Teoria kwantów. Mechanika falowa*. Warszawa: PWN.

[9] Domeracki, P. (2019), *Horyzonty i perspektywy monoseologii. Filozoficzne studium samotności*. Kraków: WN UMK.

[10] Domeracki, P. (2016), *Rozstaje samotności*. Kraków: Nomos.

MECHANIKA KWANTOWA I JEJ INTERPRETACJA

Zbigniew Jacyna-Onyszkiewicz ¹

¹ Wydział Fizyki i Astronomii, UAM,
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 2, 61-614 Poznań

Od początku XX wieku, dzięki rozwojowi fizyki eksperymentalnej, pojawiły się nowe wyniki z fizyki na poziomie atomowym, których nie można było wyjaśnić na gruncie fizyki klasycznej. Te doświadczenia wymuszały na fizykach poszukiwanie nowej teorii fizycznej. Pierwszy pełny, spójny formalizm teorii, opisujący zjawiska w skali atomowej, nazwano – dla odróżnienia od fizyki mechaniki klasycznej – mechaniką kwantową, stworzoną dopiero w czerwcu 1925 roku przez niemieckiego fizyka Wernera Heisenberga (1901–1976). W maju 1925 roku Heisenberg, powalony bardzo ciężkim atakiem gorączki siennej, udał się dla podratowania zdrowia na skalistą, pozbawioną roślinności wyspę Helgoland na Morzu Północnym. Tam, po ustąpieniu gorączki, mając spokój i dużo czasu, stworzył w czerwcu 1925 roku swoją teorię. W teorii tej równania mechaniki klasycznej zostały zastąpione przez podobne równania, w których zmiennymi były macierze. Z tego powodu tę wersję mechaniki kwantowej nazywa się też mechaniką macierzową. Natomiast w 1926 roku fizyk austriacki Erwin Schrödinger (1887–1961) sformułował mechanikę kwantową opartą na matematyce stosowanej do opisu fal, matematycznie równoważną mechanice macierzowej. Mechanika kwantowa różni się w sposób istotny od mechaniki klasycznej, dlatego aktualny był i jest problem jej właściwej interpretacji. Dotychczas zaproponowano co najmniej kilkanaście różnych interpretacji mechaniki kwantowej [1] i nie wiadomo, która z tych interpretacji jest poprawna. Z tego powodu proponuję inną jeszcze interpretację tej teorii.

Dla prostoty naszych rozważań założmy, że mamy doskonale izolowany układ fizyczny opisywany przez trzy obserwable: **a**, **b**, **c**, z których każda może przyjmować tylko dwie wartości: a' lub a'' , b' lub b'' oraz c' lub c'' . Zgodnie z fizyką klasyczną, człowiek może dokonać tylko pomiaru tych trzech obserwabli i nic więcej nie może zmierzyć, ponieważ otrzyma ten sam wynik. Mechanika kwantowa tym różni się od mechaniki klasycznej, że pomiar obserwabli **a** zmienia wyniki obserwabli **b** i **c**, dlatego może wykonać nowy pomiar obserwabli **b** i **c**. Natomiast pomiar obserwabli **b** zmienia obserwabli **a** i **c**, i tak dalej, bez ograniczeń. To założenie prowadzi do nowej interpretacji mechaniki kwantowej, która, w odróżnieniu od dotychczasowych propozycji, wyprowadza zasadnicze ramy formalizmu matematycznego mechaniki kwantowej [2, 3], wyjaśniając: ścisłą liniowość mechaniki kwantowej; związek superpozycji stanów z prawdopodobieństwem wyników pomiarów; „mechanizm” redukcji stanów w momencie obserwacji; pochodzenie zasady nieoznaczoności w postaci nierówności Robertsona; konieczność reprezentacji wielkości fizycznych nie przez liczby, lecz przez operatory działające w przestrzeni stanów układu, a także związek operatorów z wartościami liczbowymi uzyskiwanymi w eksperymencie.

[1] Davies, P.C. W., Brown, J.R. (1996), *Duch w atomie*. Warszawa: Wydawnictwo CIS.

[2] Jacyna-Onyszkiewicz, Z. (2008), *Kosmogeneza kwantowa*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM.

[3] Jacyna-Onyszkiewicz, Z. (2012), *Quantum Cosmogenesis*. Bayreuth: The Uni-Publications.

[4] Robertson, H.P. (1929), The uncertainty principle. *Phys. Rev.* **34**, 163.

SCENARIUSZ BELLA BEZ ZAŁOŻENIA WOLNEJ WOLI OBSERWATORA

Paweł Kurzyński¹

¹ *Instytut Spintroniki i Informatyki Kwantowej, Wydział Fizyki i Astronomii, UAM,
ul. Uniwersytetu Poznańskiego 2, 61-614 Poznań*

Scenariusze Bella stanowią podstawę badań nad nielokalnością kwantową. Standardowo zakładają one, że w każdym laboratorium eksperymentator wybiera jeden z co najmniej dwóch możliwych pomiarów, co wiąże się z tak zwanym „założeniem wolnej woli”.

W moim wystąpieniu przedstawię nowy scenariusz Bella, zaproponowany przez Renou i innych, w których to założenie zostaje całkowicie wyeliminowane. Każdy eksperymentator wykonuje bowiem jeden, z góry ustalony pomiar, a kluczową rolę odgrywa fakt, że układy badane w tych pomiarach pochodzą z wielu niezależnych źródeł.

[1] Renou, M.-O. *et. al.* (2019), Genuine quantum nonlocality in the triangle network. *Phys. Rev. Lett.* **123**, 140401.

LOSOWOŚĆ, DETERMINIZM I FUNDAMENTY NAUKOWEGO POZNANIA. PERSPEKTYWA INSPIROWANA KWANTOWĄ TEORIĄ INFORMACJI

Paweł Horodecki^{1,2}

¹ Międzynarodowe Centrum Teorii Technologii Kwantowej, UG
ul. Bażyńskiego 1A, 80-309 Gdańsk

² Wydział Fizyki Technicznej i Matematyki Stosowanej, PG
ul. Gabriela Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk

Pytanie, czy świat jest w pełni deterministyczny, należy do centralnych zagadnień nurtujących ludzkość. Mechanika kwantowa pojawiła się jako pierwsza teoria, która ma wbudowany indeterminizm w swoje aksjomaty. Maksymalna wiedza o niektórych wielkościach obserwowalnych jest bowiem w niej opisana jako nieuchronnie losowa. Sceptycyzm Alberta Einsteina (por. [1]), przekonanego, że mechanika kwantowa zostanie w przyszłości zastąpiona przez jakąś teorię deterministyczną, zaowocował fundamentalnym pytaniem – sformalizowanym przez Johna Bella (1965) – o możliwość istnienia indywidualnych, z góry zdeterminowanych własności cząstek przed pomiarem, które sam pomiar tylko by ujawniał [2]. Takie istnienie cech jest powszechnie nazywane lokalnym realizmem. Implikowane przez lokalny realizm nierówności Bella [2, 3] zostały ostatecznie złamane w serii eksperymentów w roku 2015 (zob. [4] i odniesienia w nim zawarte). Owo złamanie stanowiło jedną z istotnych podstaw dla przyznanych w 2022 nagród Nobla i dostarczyło silnego wsparcia dla indeterministycznego poglądu głoszącego, że własności cząstek nie mogą być zdeterminowane przed pomiarem. Jednak słynne eksperymenty nie uchyliły definitywnie podstaw do Einsteinowskiego sceptycyzmu (choć je osłabiły), ponieważ zawierały konieczne założenie o losowości ustawień aparatury. Bywało ono określane niezbyt trafnym, acz niepozbawionym pewnej intuicji terminem „założenia o wolnej woli” (ang. *free will assumption*). Namysł nad owym założeniem, zapoczątkowany przez Colbecka i Rennera w roku 2012 [5], oraz seria związanych z tym namysłem wyników badawczych doprowadziły do nowej, wyrazistej alternatywy na temat determinizmu w Przyrodzie (por. [6]). Zainspirowały też analizę metodologii nauk przyrodniczych, ujawniającą paradoksalny rys ukryty w jej fundamentach – w samej naturze eksperymentu fizycznego [7]. W wykładzie przedstawimy obie powyższe konkluzje wraz ich badawczym tłem.

[1] Einstein, A., Podolsky, B., Rosen, N. (1935), Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete? *Phys. Rev.* **47**, 77.

[2] Bell, J.S. (1964), On the Einstein–Podolsky–Rosen paradox. *Physics* **1**, 195.

[3] Clauser, J.F., Horne, M.A., Shimony, A., Holt, R.A. (1969), Proposed experiment to test local hidden-variable theories. *Phys. Rev. Lett.* **23**, 880.

[4] Aspect, A. (2015), Closing the door on Einstein and Bohr's quantum debate. *Physics* **8**, 123.

[5] Colbeck, R., Renner, R. (2012), Free randomness can be amplified. *Nat. Phys.* **8**, 450.

[6] Brandão, F.G.S.L., Ramanathan, R., Grudka, A., Horodecki, K., Horodecki, M., Horodecki, P., Szarek, T., Wojewódka, H. (2016), Robust device-independent randomness amplification with few devices. *Nat. Commun.* **7**, 11345.

[7] Eckstein, M., Horodecki, P. (2022), Experiment paradox in physics. *Found. Sci.* **27**, 1.

CZY MECHANIKA KWANTOWA DA SIĘ OSWOIĆ?

Tomasz Bigaj¹

¹ Wydział Filozofii, UW

ul. Krakowskie Przedmieście 3, 00-927 Warszawa

Od początku swojego istnienia mechanika kwantowa stanowiła wyzwanie dla potocznego, zdrowego rozsądku i dla klasycznego obrazu rzeczywistości. Teoria ta wprowadza nieusuwalne pojęcie prawdopodobieństwa i obiektywnego, ontologicznego niezdecydowania. W swojej pierwotnej wersji zawiera również kontrowersyjne założenie o tajemniczym wpływie obserwatora na układ fizyczny poddany pomiarowi, które wydaje się podważać tezę filozoficznego realizmu („czy Księżyc istnieje, kiedy nikt na niego nie patrzy?”). Do tego dochodzą nieklasyczne zjawiska superpozycji i splątania, które wklajają nas w problem nielokalności, nieseparowalności czy też braku superwencji całości na częściach. Nie powinno być zatem zaskoczeniem, że historia mechaniki kwantowej jest przepełniona próbami jej „oswojenia” w taki sposób, aby usunąć przynajmniej część z jej kontrowersyjnych konsekwencji.

Pierwszą z takich prób był słynny argument EPR Einsteina i współpracowników, który starał się podważyć założenie o nieusuwalnym probabilistycznym charakterze świata kwantowego. Cios tej strategii zadał John Bell, pokazując niemożliwość skonstruowania deterministycznej i jednocześnie lokalnej teorii odtwarzającej przewidywania kwantowe. Jednakże sam Bell był zwolennikiem innej metody „oswojenia” teorii kwantowej, mianowicie teorii de Broglie’a–Bohma (potocznie zwanej mechaniką Bohmowską), która przywraca klasyczne pojęcie trajektorii cząstek. Mimo to powstała teoria nie jest klasyczna w sensie Newtonowskim, gdyż zakłada wpływ funkcji falowej na zachowanie cząstek, łamiący mocną wersję zasady lokalności. Inne znane sposoby rozwiązania palących problemów u podstaw mechaniki kwantowej to teoria spontanicznej lokalizacji GRW oraz teoria wieloświatowa Everetta. Jednakże każda z nich wprowadza nowe niepokojące elementy, na przykład istnienie multiwersum zawierającego wielość kopii danego obserwatora. Niekiedy próby oswojenia pewnych zjawisk kwantowych idą tak daleko, że można je ocenić jako lekarstwo, które jest gorsze od samej choroby. Tak jest na przykład w wypadku podejmowanych wysiłków wyjaśnienia łamania nierówności Bella bez założenia nielokalności przez postulowanie przyczynowego oddziaływania zachodzącego wstecz w czasie lub też silnego zdecydowania decyzji obserwatora. Ostatecznie, jak się wydaje, odpowiedź na pytanie zawarte w tytule powinna być negatywna.

Na koniec wystąpienia zilustruję tę tezę mniej znanym przykładem dotyczącym ontologicznego problemu indywiduacji obiektów kwantowych. Zgodnie z pewną popularną koncepcją, postulat symetryzacji stanów „identycznych” cząstek (fermionów i bozonów) wymusza ich całkowitą fizyczną nieodróżnialność. Jednakże istnieje formalny opis, który przywraca momentalną odróżnialność cząstek kwantowych zajmujących antysymetryczne bądź (niektóre) symetryczne stany. Kłopot w tym, że taka odróżnialność okazuje się niejednoznaczna (zależna od wyboru bazy), a także nie umożliwia reidentyfikacji obiektów w czasie. Zatem w tym wypadku również nie da się utrzymać całkowicie klasycznego obrazu odrębnych obiektów kwantowych.

FILOZOFICZNE MOTYWACJE ROGERA PENROSE'A INTERPRETACJI MECHANIKI KWANTOWEJ

Wojciech Grygiel¹

¹ Wydział Filozoficzny, UPJPII
ul. Kanonicza 9/203, 31-002 Kraków

Celem referatu jest ukazanie filozoficznych motywacji Rogera Penrose'a w jego interpretacji mechaniki kwantowej. Podobnie jak Einstein, Penrose wychodzi od przekonania, że standardowa QM jest teorią niekompletną, ponieważ nie daje spójnego opisu zjawisk kwantowych. O ile jako remedium Einstein postulował powrót do pełnego determinizmu teorii, o tyle Penrose wprowadza własne kryterium filozoficzne: wymóg analityczności w ścisłym, matematycznym sensie tego pojęcia. W swojej koncepcji matematycznego wyrafinowania teorii (*mathematical sophistication*) Penrose bliski jest Einsteinowskiej prostocie i wewnętrznej doskonałości teorii. Jego projekt teorii twistorów oraz koncepcja grawitacyjnego kolapsu falowego wyrażają nadzieję na teorię, która zachowa „sztywność” struktur holomorficznych, a zarazem osadzi w nich fundamentalną probabilistyczność zdarzeń kwantowych. Penrose dokonuje tym samym dialektycznego przełamania opozycji determinizm–indeterminizm: łączy dążenie do matematycznej spójności z uznaniem realności nieciągłych, probabilistycznych procesów, reinterpreterując je jako element całościowej matematycznej struktury rzeczywistości. Penrose'a interpretacja mechaniki kwantowej wynika więc z jego precyzyjnie określonych metafizycznych przekonań o fundamentalnym tworzywie Wszechświata.

KWANTOWANIE I GRANICE: STUDIUM PRZYPADKU Z MECHANIKI KWANTOWYCH UKŁADÓW WIELOCIAŁOWYCH

Agnieszka M. Proszewska¹, Michał Białończyk²

¹ Instytut Filozofii, UJ
ul. Grodzka 52, 31-044 Kraków

² Instytut Monitorowania Mediów,
ul. Przyokopowa 33 01-208 Warszawa

W referacie przedstawimy problem przechodzenia do granicy termodynamicznej w mechanice kwantowych układów wielu ciał, który stanowi szczególnie interesujący punkt styku fizyki teoretycznej, praktyki eksperymentalnej oraz filozofii nauki [1, 2]. Zjawisko to jest od dawna przedmiotem analiz w fizyce klasycznej, jednak jego ujęcie w kontekście teorii kwantów wciąż pozostaje relatywnie słabo opisane w literaturze filozoficznej. Wykorzystując ten przykład, chcemy pokazać, w jaki sposób pluralizm metod reprezentacji formalnej – od narzędzi teorii mnogości (perspektywa *bottom-up*) po ujęcia teoriokategorialne (perspektywa *top-down*) – odgrywa kluczową rolę w konstruowaniu i interpretowaniu modeli fizycznych.

Studium przypadku ukazuje, że wybór ram formalnych nie jest neutralny czy arbitralny, lecz ściśle związany z pytaniami badawczymi i typem problemu, który podlega analizie. Zmienność perspektyw – od bardziej konkretnych do bardziej abstrakcyjnych – pozwala wydobyć różne aspekty badanej rzeczywistości fizycznej, dostarczając nowych intuicji i pogłębiając rozumienie badanych procesów. Granica termodynamiczna w teorii kwantowej jawi się dzięki temu nie tylko jako techniczne narzędzie fizyków, lecz także jako pole filozoficznej refleksji nad naturą przybliżeń, strukturą teorii i statusem reprezentacji matematycznych w nauce.

Proponowane ujęcie problemu w duchu pragmatyzmu i pluralizmu wpisuje się w trwający dyskurs nad rolą reprezentacji w filozofii fizyki i podkreśla, że analiza kontekstu zastosowań kluczowych metod formalnych może znacząco przyczynić się do lepszego zrozumienia sposobu, w jaki mechanika kwantowa dzisiaj – w stulecie swojego powstania – kształtuje nasze rozumienie natury rzeczywistości [3].

[1] Feintzeig, B.H. (2017), Deduction and definability in infinite statistical systems. *Synthese* **196**, 183.

[2] Palacios, P. (2022), *Emergence and Reduction in Physics*. Cambridge: Cambridge University Press.

[3] Proszewska, A.M. (2022). Goals shape means: A pluralist response to the problem of formal representation in ontic structural realism. *Synthese* **200**, 245.

KONTEKSTUALNOŚĆ KWANTOWA, WARTOŚCI SŁABE I ONTOLOGIA POTENCJALNOŚCI

Marek Woszczek ¹

¹ Wydział Filozoficzny, UAM,
ul. Szamarzewskiego 89C, 60–568 Poznań

Kontekstualność jest fundamentalną (nieredukowalną) własnością układów kwantowych i podstawowym problemem dla wszelkich standardowych, ontologicznych teorii przyczynowania, opartych na indywidualnych dyspozycjach wewnętrznych (tzn. takich, które miałyby być jako własności przypisane do tych układów, wchodzących w interakcje w przestrzeni). Ostatnio Shrapnel i Costa [1] przedstawili mocny, niezależny od formalizmu mechaniki kwantowej dowód, że żaden niekontekstualny model przyczynowy w czasoprzestrzeni, nawet zawierający oddziaływania retrokausalne, nie jest zdolny w pełni odtworzyć efektów tej mocnej kontekstualności kwantowej. Z drugiej strony istnieje filozoficzna kontrowersja dotycząca ontologicznego statusu słabych wartości kwantowych, które są *empirycznie* dostępne w ramach standardowej procedury słabych (nieinwazyjnych) pomiarów kwantowych, również pojedynczych (bez uśredniania) na układach prostych [2, 3, 4]. Ponieważ „dziwne” czy „anomalne” wartości słabe są bezpośrednio związane z mocną kontekstualnością kwantową w czasie (*de facto* są jej wskaźnikiem), głównym problemem dla ontologa-realisty i indeterministy jest wskazanie, jak można w ogóle zinterpretować łącznie oba te fenomeny fizyczne w ramach spójnej, indeterministycznej teorii dyspozycjonalistycznej, to znaczy zakładającej realność potencjalności fizycznych (jakiegoś typu) w przyrodzie.

Zespolona wartość $\langle \varphi(t_i) | \hat{\Pi}_a | \psi(t_i) \rangle$ pewnej obserwabli $\hat{A}$ w chwili t_i , $t_0 < t_i < t_n$, jest integralną częścią formalizmu kwantowego, która odzwierciedla unikalną własność probabilistyczną struktury historii kwantowych (w opozycji do klasycznych). Znormalizowana przez niezerową amplitudę przejścia $\langle \varphi | \psi \rangle$ daje tzw. *słabą wartość (warunkową)* obserwabli dla aktualnej preselekcji układu w stanie początkowym ψ i dla możliwej końcowej postselekcji w stanie φ (w niezależnym kontekście pomiarowym w przyszłości). Fundamentalną własnością geometrii historii kwantowych jest to, że wartości te mogą być ujemne. Będę argumentował, że idea wewnętrznych dyspozycji układów jako ich aktualnych własności przyczynowych jest nie do utrzymania, a realistyczna interpretacja tych wartości słabych wątpliwa, o ile przyjmuje się konserwatywne (klasyczne) założenia: ignorowanie kontekstualności *ontycznej* i związanej z nią kwantowej miary probabilistycznej, całkowicie odmiennej od klasycznej i manifestującej się nietrywialnie w czasie. W tej sytuacji o wiele bardziej obiecujące jest porzucenie całego schematu momentalnych dyspozycji samych bytów z klasycznej metafizyki i eksperymentowanie z konceptem czasowo symetrycznych potencjalności, oderwanych od jednostkowych obiektów w czasoprzestrzeni [5]. Z tej perspektywy mierzone anomalne wartości słabe można realistycznie interpretować jako efekt *czysto relacyjnego w czasie* aspektu tych potencjalności, bez żadnego odpowiednika czy modelu klasycznego.

- [1] Shrapnel, S., Costa, F. (2018), Causation does not explain contextuality. *Quantum* 2, 63.
- [2] Dressel, J. *et al.* (2014), Colloquium: Understanding quantum weak values: Basics and applications. *Rev. Mod. Phys.* 86, 307.
- [3] Dhara, R. *et al.* (2025), Roadmap on weak measurements in optics. *Adv. Phys. Res.* 4, 2400136.
- [4] Rebufello, E. *et al.* (2025), Robust weak measurements with certified single photons. *Adv. Quant. Technol.* 8, 2400482.
- [5] Woszczek, M. (2018), *Kontekstualność kwantowa i ontologia przyczynowości*. Poznań: Wydawnictwo Naukowe UAM.

CZY PODSTAWĄ WSZELKICH NAUK JEST FIZYKA (KWANTOWA)? NAUKA JAKO „ZESTAW MAŁEGO KONSTRUKTORA” W UJĘCIU NANCY CARTWRIGHT – ANALIZA KRYTYCZNA

Andrzej Łukasik ¹

¹ Instytut Filozofii, Wydział Filozofii i Socjologii, UMCS,
pl. Marii Curie-Skłodowskiej 4, 20-031 Lublin

Nancy Cartwright w swojej ostatniej książce *A Philosopher Looks at Science* [1] poddaje krytyce „rozpowszechniony pogląd na naukę”, który można zawrzeć w trzech twierdzeniach: (1) nauka to teoria i eksperyment; (2) ostateczną podstawą wszelkich nauk jest fizyka; (3) prawa nauki mają charakter deterministyczny – pozwalają na przewidywanie późniejszych zdarzeń na podstawie znajomości stanu układu i praw przyrody (oczywiście z wyjątkiem praw mechaniki kwantowej – przynajmniej w standardowej interpretacji). Metaforycznie rzecz ujmując, „gmach nauki” przypomina piramidę – na jej szczycie znajduje się fizyka, następnie chemia, dalej biologia, nauki takie jak socjologia, ekonomia i historia, wreszcie psychologia. Zasadniczo chemia miałaby być redukowalna do fizyki, biologia do chemii i tak dalej. Cały „gmach nauki” składa się zasadniczo z tych samych „cegiełek”, badanych w najbardziej podstawowych aspektach przez fizykę.

Cartwright twierdzi, że wszystkie te przekonania na temat nauki są całkowicie nieadekwatne w stosunku do rzeczywistej praktyki badawczej. Utrzymuje, że stanowią one wyidealizowany obraz, a nawet, mówiąc dosadniej, po prostu fantazje na temat nauki, niewiele mające wspólnego z tym, czym nauka jest naprawdę. Cartwright przedstawia osobistą, jak sama podkreśla, wizję nauki, którą sama nazywa „pstrokatym światem” (*dappled world*). Zgodnie z tym poglądem nauka przypomina raczej „mozaikę” niż „piramidę”, jeśli pozostać przy metaforycznych porównaniach. Nauka składa się z ogromnej różnorodności dyscyplin, subdyscyplin itd. luźno ze sobą powiązanych, które próbują uchwycić różnorodne aspekty świata, posługując się różnorodnymi narzędziami, różnymi metodami i kryteriami prawomocności rezultatów poznawczych. Cartwright polemizuje z twierdzeniami, że: (1) działalność naukową da się sprowadzić wyłącznie do teorii i eksperymentu, że (2) fizyka jest „królową nauk”, a pozostałe nauki są do niej redukowalne oraz (3) z determinizmem.

Celem referatu jest prezentacja i krytyczna analiza podstawowych tez filozofii fizyki Nancy Cartwright.

[1] Cartwright, N. (2024), *Okiem filozofa. Nauka*, tłum. F. Tryl. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN SA.

ŹRÓDŁO I NATURA INDETERMINIZMU KWANTOWEGO A SPLĄTANIE KWANTOWE

Jan Czerniawski ¹

¹ *Instytut Filozofii, UJ,
ul. Grodzka 52, 31-044 Kraków*

Indeterminizm kwantowy wyraża się przez nieprzewidywalność wyników pomiarów w jednoznacznie określonych warunkach. Źródłem tej nieprzewidywalności może być jakaś cecha bądź opisu, bądź rzeczywistości fizycznej, przy czym w tym pierwszym wypadku może chodzić o niekompletność bądź niedokładność, a w tym drugim o poddawany pomiarowi obiekt, przyrząd pomiarowy, bądź jedno i drugie. Ważnego kontekstu do zbadania tych możliwości dostarcza splątanie kwantowe, które z kolei może być interpretowane bądź jako efekt realny, bądź pozorny. Podjęta zostanie próba sprawdzenia, które z nich dadzą się pogodzić z pierwszą, a które z drugą interpretacją splątania.

CO MOŻNA ZREDUKOWAĆ?

RELACJE MIĘDZYPOZIOMOWE W FIZYCE KWANTOWEJ

Adam Opara ¹

¹ Wydział Filozoficzny, UAM,
ul. Szamarzewskiego 89C, 60–568 Poznań

Od samego początku fizyka kwantowa stawiała pytania nie tylko o strukturę materii, lecz także o to, jak w ogóle rozumieć relacje między poziomami rzeczywistości. Czy zjawiska makroskopowe dają się w pełni zredukować do praw rządzących cząstkami, czy też rodzą nowe jakości, które wymagają osobnego języka? W filozofii nauki mówi się o redukcji i emergencji w dwóch wymiarach: reprezentacyjnym – gdy chodzi o teorie i modele – oraz ontologicznym, gdy pytanie dotyczy samych bytów. W tym drugim przypadku problem nabiera szczególnej ostrości, bo dotyczy świata fizycznego, a nie tylko sposobów jego opisu.

Współczesna literatura wskazuje na różne możliwości rozumienia tych procesów. Jaegwon Kim zwracał uwagę, że emergencja polega na wyłanianiu się nowych własności w systemach złożonych, które nie mogą być wyjaśnione wyłącznie przez znajomość ich części. Z drugiej strony, autorzy tacy jak van Gulick analizowali różne formy redukcji ontologicznej: od radykalnej eliminacji bytów (jak flogiston czy eter), przez utożsamianie zjawisk pod różnymi nazwami, aż po subtelniejsze zależności w postaci superwencji czy wielorakiej realizacji.

Mechanika kwantowa dostarcza tu bogatego materiału. Klasyczne prawo Dulonga–Petita, które miało wyjaśniać pojemność cieplną ciał stałych, okazało się niewystarczające, dopiero modele Einsteina i Debye’a – odwołujące się do kwantowania drgań sieci krystalicznej – pozwoliły zrozumieć spadek pojemności w niskich temperaturach. W latach osiemdziesiątych odkryto kwantowy efekt Halla: zamiast płynnych zależności przewodnictwa od pola magnetycznego pojawiły się wartości skwantowane i ułamkowe, które wymagały zupełnie nowego, topologicznego języka. Najnowsze badania w termodynamice kwantowej i w próbach kwantowania grawitacji prowadzą jeszcze dalej, stawiając pytanie, czy czas, przestrzeń i entropia mogą być redukowalne, czy też stanowią emergentne własności świata.

Te przypadki pokazują, że historia mechaniki kwantowej to nie tylko rozwój fizyki, lecz także nieustanna korekta filozoficznych kategorii relacji. Czasem udaje się sprowadzić zjawiska do prostszych praw, innym razem pojawiają się jakości, które zmuszają do zmiany samego języka ontologii. W stulecie mechaniki kwantowej warto spojrzeć na nią także z tej perspektywy: jako na pole, na którym wciąż negocjujemy, co naprawdę istnieje i jak można (lub nie można) sprowadzać rzeczywistość do jej elementarnych składników.

[1] Crowther, K. (2020), What is the point of reduction in science? *Erkenntnis* 85(6), 1437.

[2] Esfeld, M. (2021), Against the disappearance of spacetime in quantum gravity. *Synthese* 199(2), 355.

[3] Kemeny, J.G., & Oppenheim, P. (1956), On reduction. *Philosophical Studies: An International Journal for Philosophy in the Analytic Tradition* 7(1/2), 6.

[4] Kim, J. (1992), ‘Downward causation’ in emergentism and nonreductive physicalism, (w:) Beckermann, A., Flohr, H., Kim, J. (eds.), *Emergence or Reduction? Essays on the Prospects of Nonreductive Physicalism*, Berlin: Walter de Gruyter, s. 119–138.

[5] Strawiński, W. (1997). *Jedność nauki, redukcja, emergencja. Z metodologicznych i ontologicznych problemów integracji wiedzy*. Warszawa: Aletheia.

[6] van Riel, R. (2014), *The Concept of Reduction*. Berlin: Springer.

Podziękowania: Autor chciałby podziękować Łucji i Kasi za przestrzeń na zajmowanie się tym, co ważne.

FIZYKA KWANTOWA JAKO KATASTROFA SPOŁECZNA W FILOZOFII GIORGIA AGAMBENA

Mateusz Pietryka ¹

¹ Uniwersytet Vizja,
ul. Okopowa 59, 01-043 Warszawa

Zagadkowe zniknięcie Ettore Majorany w 1938 roku sprowokowało Giorgia Agambena do napisania eseju *Che cos'è reale* (*Co jest rzeczywiste*) [1], w którym docieka filozoficznego znaczenia współczesnej fizyki. Punktem wyjścia dla włoskiego filozofa jest reinterpretacja pośmiertnie opublikowanego artykułu Majorany *Il valore delle leggi statistiche nella fisica e nelle scienze sociali* (*Wartość praw statystycznych w fizyce i naukach społecznych*) [2].

Autor *Homo sacer* stawia następującą tezę: nieokreśloność i centralna rola prawdopodobieństwa w dominujących interpretacjach teorii kwantowej prowadzą do rekonfiguracji modelu ontologicznego Zachodu z deterministyczno-materialistycznego na probabilistyczny. Na poziomie praktycznym wiąże się to z biopolitycznym modelem społecznym, opartym na statystycznym zarządzaniu. W tym kontekście zniknięcie Majorany jawi się nie jako akt sprzeciwu wobec broni jądrowej (jak próbował udowodnić Leonardo Sciascia [3]), lecz wobec drogi, jaką obrała fizyka na początku XX wieku.

Moje wystąpienie będzie bezstronnym wprowadzeniem do ustaleń Agambena zawartych w *Che cos'è reale*. Zarysuję projekt filozoficzny autora, a następnie przejdę do jego analizy historii i znaczenia prawdopodobieństwa w zachodniej filozofii, począwszy od arystotelesowskiej *dynamis-energeia*, przez „zakład Pascala”, po rozważania Simone Weil na temat fizyki kwantowej. Przedstawię pogląd Agambena na temat społeczno-filozoficznych konsekwencji współczesnego modelu fizyki, zastanawiając się jednocześnie, czy uprawnione jest projektowanie rozpoznawania nauk ścisłych na nauki humanistyczne oraz ekonomiczne. Dodatkowym wsparciem teoretycznym wystąpienia będzie praca Philipa Mirowskiego *More Heat than Light* [4].

[1] Agamben G. (2018), *What is Real*. Stanford: Stanford University Press.

[2] Majorana E. (2018), *The value of statistical laws in physics and the social sciences*, (w:) [1], tłum. R. Nunzio Mantegna, s. 45–65.

[3] Sciascia L. (1985), *Zniknięcie Majorany*. Warszawa: Państwowy Instytut Wydawniczy PAX.

[4] Mirowski P. (1995), *More Heat than Light*. Cambridge: Cambridge University Press.

