

# Fakty fizyki na tle przymiarek filozofii

Jerzy A. Janik

Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego  
Polskiej Akademii Nauk

## Facts Physics on the Background of Philosophy

Abstract

This article is drafted on the basis of three complementary essays by Professor Jerzy Janik. The author takes a look at selected issues in the field of quantum mechanics – especially the problem of quantum superposition and supersymmetry – from perspective of great philosophical systems. The author draws attention to the fact that some of these issues reflect old philosophical problems (e.g., empiricism vs rationalism), and – in some cases – philosophical perspective may save interpretations of quantum mechanics from paradoxes.

Keywords

philosophy of physics, interpretations of quantum mechanics

W niniejszym artykule, zredagowanym na podstawie trzech wzajemnie się uzupełniających esejów profesora Janika, autor przygląda się wybranym zagadnieniom z dziedziny mechaniki kwantowej – zwłaszcza problemowi superpozycji kwantowej oraz supersymetrii, ze szczególnej perspektywy: problemów i zagadnień dyskutowanych w klasycznej filozofii. Autor zwraca uwagę na to, że w niektórych tych zagadnieniach odbijają się stare problemy filozoficzne (np. empiryzm vs racjonalizm), a spojrzenie z punktu widzenia wielkich systemów filozoficznych na inne z tych zagadnień może chronić przed popadaniem w paradoksy.

### „Kot” Schrödingera. Esej o treści trochę naciąganej

Za chwilę wyjaśnię dlaczego słowo „kot” zaopatrzyłem w cudzysłów. Na razie chcę zacząć od informacji, że mechanika kwantowa – czyli obowiązująca teoria mikroświata, a może i nie tylko mikroświata – dopuszcza **JEST** obiektu w tzw. superpozycji stanów. Superpozycja stanów to coś w rodzaju sumy stanów, czyli sumy możliwości. Obiekt w superpozycji stanów **NIE JEST** w sytuacji jasno określonej, cóż bowiem to znaczy, że ma on trochę jednego stanu, trochę drugiego itd.? Niels Bohr odmawiał takiemu obiektowi prawa do istnienia. Z brakiem prawa do istnienia trudno się zgodzić fizykowski eksperymentującemu z takimi obiektami. Byłoby może pół biedy,

gdyby istniała jasna granica pomiędzy mikrofizyką a makrofizyką. Ale takiej granicy nie ma. Są i tacy fizycy, którzy cały wszechświat traktują jako obiekt podlegający opisowi mechaniki kwantowej. Można zatem oczekiwać, że superpozycje stanów pojawiają się w naszym codziennym, makroskopowym doświadczeniu.

Erwin Schrödinger wymyślił taką sytuację: weźmy materiał promieniotwórczy, który w umieszczonym obok liczniku Geigera powoduje wyładowanie (sygnał), średnio rzecz biorąc, jedno na godzinę. Sygnał wyzwala młotek, który rozbija ampulkę z trucizną. Wszystko znajduje się w zamkniętym pomieszczeniu. W nim umieszczamy kota. Po godzinie otwieramy pomieszczenie i jest 50% szans, że znajdziemy kota żywego i 50% szans, że kot będzie martwy. Jeżeli mechanika kwantowa stosuje się do tego układu, to w czasie tej godziny, gdy pomieszczenie było zamknięte, kot znajdował się superpozycji stanów martwy + żywy. Czy jakoś to odczuwał? Intuicja podpowiada nam, że nie. Kot w 50% żywy i w 50% martwy to bzdura, paradoks, niemożliwość. Zdrowy rozsądek szuka wyjaśnienia: może trzeba przyjąć, jak chcą niektórzy interpretatorzy mechaniki kwantowej, że superpozycja stanów nie jest sytuacją obiektu, lecz stanem wiedzy obserwatora (względnie stanem jego ignorancji). To na pewno jest prawdą, ale fizycy z uporem twierdzą, że jednak superpozycja stanów dotyczy obiektu.

Przyszło mi na myśl, że można by poszukać w naszej codziennej rzeczywistości sytuacji, która byłaby superpozycją stanów, albo przynajmniej superpozycją *per analogiam*. Oto

propozycja, poprzedzona krótkim wprowadzeniem, opartym głównie na rozważaniach Edyty Stein (1986, s. 42). Jak wiadomo, Edyta Stein była uczennicą Husserla – twórcy kierunku w filozofii zwanego fenomenologią. Otóż fenomenologia zajmuje się stanami świadomości (*Ich*) związanymi z jakimś przeżyciem (*Erlebnis*). Np. przeżyciem radości. Przeżywam radość konkretną – tę moją radość (*diese meine Freude*) spowodowaną otrzymaną wiadomością. Jednocześnie zdaję sobie sprawę, że mogę rozważać radość jako coś ogólnego (*Freude*). Tę ogólną radość Edyta Stein nazywa istotowością (*Wesenheit*). Pewnie trzeba powiedzieć, że każda konkretna radość partycypuje w tej (ogólnej) istotowości „radość”. Otóż przeżycia (*Erlebnisse*) mogą być proste – radość i nic więcej, ale i złożone. Edyta Stein wspomina przeżycie „gorzkiej słodyczy” (*Bittersüss*). Jeżeli przeżycie można nazwać stanem świadomości, to jest jasne, że możemy przeżywać superpozycje przeżyć – superpozycje stanów. Np. przeżywam myśli związane z przygotowaniem tego referatu. A jednocześnie mam jakieś zmartwienie. Superpozycja przeżyć.

Wróćmy do „kota” Schrödingera:

A może kot nie jest najlepszym obiektem? Może nie ma on pełnej świadomości swojego istnienia? Eugen Wigner uczynił krok nieco makabryczny (Davies, 1980, s. 132): zastąpmy kota człowiekiem – ochotnikiem! To jest teraz „kot” z tytułu tego eseju. Tu odrywam się od rozważań Wignera, moim zdaniem mało przekonujących, i przechodzę do moich własnych – trochę naciąganych.

Człowiek poddany temu makabrycznemu eksperymentowi niewątpliwie posiada świadomość swego istnienia (Husserlowskie *Ich*). Chcę spróbować poddać jego przeżycie (*Erlebnis*) analizie opartej na Husserlowskiej fenomenologii. Niewątpliwie brak mi kompetencji, więc to co napiszę, będzie w większym lub mniejszym stopniu naciągane. Wychodzę z zasadniczej dla fenomenologii tezy, że zjawiska (*phenomena, appearances*) objawiają się w świadomości (Stein, 1986, s. 42; Angeles, 1992, s. 226). Odstawiam na razie na bok mechanikę kwantową. Zjawiskiem, które zauważa świadomość poddanego eksperymentowi **JA**, niech będzie położenie młotka skierowanego na ampułkę z trucizną. Młotek w górze – życie, młotek w dole – śmierć. Jest dla mnie oczywiste, że **JA** poddanego eksperymentowi człowieka, czekając na ostateczny wyrok, przeżywa jednocześnie strach i nadzieję. Mam chyba prawo powiedzieć, że świadomość doznaje superpozycji: jestem żywy + jestem martwy.

### Fakty fizyki a noumena

Niech będzie mi wolno posłużyć się określeniami sugerowanymi przez słownik filozoficzny (Angeles, 1992). **Noumenon** w sensie filozofii „klasycznej” to rzecz ujmowana jako obiekt przez nasz rozum, bez zaangażowania naszych zmysłów. Rzecz, która aktualnie istnieje obok postaci, która się nam objawia i do której odnosi się pojęcie **phenomenon**. Jeżeli dobrze rozumiem Kant „wyostrza” pojęcie **noumenon**,

traktując je jako rzeczywistość, która przekracza doświadczenie i całą racjonalną wiedzę. Rozum musi założyć jej istnienie, jako punkt wyjścia dla nauki (*science*) i filozofii. Rozum może wiedzieć o jej istnieniu, ale nie wie jakie to istnienie. Kant sądzi, że pochodzi ona od niezmysłowej intuicji.

Sprawa ta ma bezpośredni związek z aktualnym w czasach Kanta polemicznym sporem pomiędzy empirycyzmem a racjonalizmem.

Wydaje mi się, że mechanika kwantowa dostarcza nam przykładów na takie Kantowskie **noumena**. Wspomnę w tym eseju o dwóch: jeden dotyczy tzw. superpozycji stanów traktowanych jako obiekt, a drugi tzw. redukcji pakietu falowego traktowanego jako niezrozumiałe zjawisko.

Mechanika kwantowa dostarcza informacji o stanie obiektu, będącego przedmiotem naszych badań, poprzez rozwiązanie równia Schrödingera. Znamienne jest, że rozwiązaniem tego równania jest coś w rodzaju sumy stanów (z odpowiednimi współczynnikami), czyli tzw. superpozycja stanów. Ontologiczny status obiektu w superpozycji stanów prowadził w przeszłości (i ma to miejsce nadal) do kontrowersji poglądów. Jak wspomniałem, Niels Bohr odmawiał obiektowi w superpozycji stanów statusu istnienia. John von Neumann interpretował ów status jako wiedzę obserwatora o obiekcie, czyli nie odnosił go do obiektu jako takiego. Zdaje się jednak, że nie da się uniknąć przypisania statusu superpozycji stanów samemu obiektowi, obok słusznej oczywiście tezy, że wiedza obserwatora jest w tym statusie również zawarta. Przyznajmy się,

że statusu superpozycji stanów nie rozumiemy! Jeżeli manipulacja równaniem Schrödingera jako działanie umysłu, prowadzi do pojęcia typu **noumenon** to, dla przypadku superpozycji stanów, należy zgodzić się z Kantem, że rozum może wiedzieć o jej istnieniu, ale nie wie jakie to istnienie. Jest to rzeczywistość, która przekracza doświadczenie i racjonalną wiedzę. Rozwiązanie równania Schrödingera dostarcza superpozycji stanów, których status ontologiczny jest niezrozumiały, jest jakąś Tajemnicą. W każdym razie, obiekt w tym tajemniczym statusie jest *in potentia* aktualizacji do dobrze określonego konkretnego stanu.

Gdy to zachodzi mamy do czynienia z aktem redukcji pakietu falowego. Stan układu (obiektu) po redukcji jest zrozumiały, nie jest już paradoksem jak kot Schrödingera żywy w 50% + martwy w 50%. Ale niezrozumiałe jest zajście redukcji pakietu – nie wynika ono ani z równania Schrödingera, ani w ogóle z formalizmu mechaniki kwantowej. Rozum stwierdza, że akt ten zaszedł, ale nie rozumie jak to nastąpiło. Zjawisko stanowi więc **noumenon** w sensie Kantowskim, jak mi się zdaje.

Niewątpliwie mechanika kwantowa, a raczej jej interpretacja, od lat sprawiająca kłopot tym, którzy badają jej podstawy, może dostarczyć innych jeszcze przykładów na Kantowskie **noumena**.

## Empirycyzm contra racjonalizm. Czy spór nadal aktualny?

Żeby zacząć ten filozofujący esej od słów w rodzaju „już starożytni Grecy...”, przypomnę, że Platon eksponował rolę umysłu, który jest w stanie dotrzeć do wiecznych idealnych form, transcendentnych form wiedzy. Naturalne poznanie wymaga zaangażowania zmysłów.

Moim punktem wyjścia niech będzie jednak dopiero wiek XVII, w którym miał miejsce mocno angażujący filozofów spór pomiędzy empirycystami a racjonalistami. Empirycyści wyrażali pogląd, że doświadczenie zmysłowe jest jedynym źródłem wiedzy, a umysł nie może dostarczyć nam wiedzy o rzeczywistości bez tego doświadczenia. Racjoniści twierdzili, że rzeczywistość jest poznawalna niezależnie od doświadczenia: umysł jest zdolny poznać jakieś prawdy przed (*a priori*) doświadczeniem (Angeles, 1992). Klasycznymi empirycystami byli filozofowie angielscy Locke, Berkeley i Hume. Klasycznymi racjonalistami byli Descartes, Spinoza i Leibnitz. Empirycyści nie negowali, że umysł odgrywa istotną rolę w porządkowaniu faktów doświadczalnych. Racjoniści musieli chyba godzić się, że punktem wyjścia spekulacji umysłowych muszą być jakieś fakty zasadnicze wynikające z obserwacji.

Empirycyści odkrywali rzeczywistość opierając się na zasadzie przyczynowości. Wobec jednak niewątpliwej siły argumentów Hume'a kwestionujących pojęcie przyczyny, woleli raczej stosować zasadę racji dostatecznej, na przykład w sfor-



mułowaniu Leibniza: „Nic nie istnieje lub nie zdarza się bez racji istnienia lub zajścia”. Szukanie tej racji było drogą budowania gmachu wiedzy.

Racjoniści byli pod wrażeniem sukcesów matematyki we współczesnych im czasach. Sukcesy te eksponowały metodę dedukcji w dążeniu do prawdy (Law, 2002, s. 37–38, 66; Kim i Sosa, 1995, s. 430).

Budowanie gmachu wiedzy przez empirycystów odbywa się w oparciu o metodę indukcji. Przeszłe doświadczenia wywołują w nas pewność, że zdarzenie znów zajdzie. Któż mógłby wątpić, że słońce wejdzie jutro? Nieubłagany krytyk Hume ostrzega: Przeszłość nie daje gwarancji zajść w przyszłości.

W matematyce rolę tego rodzaju (indukcji „przyrodniczej”, indukcji niepełnej) przejmuje indukcja tzw. zupełna. Ale i w matematyce (jak dowiedziałem się od Profesora Andrzeja Schinzla (2011)) są twierdzenia, o których słuszności możemy (?) być przekonani w wyniku stwierdzenia tej słuszności w olbrzymiej liczbie przypadków, ale nie w wyniku dowodu.

Oto przykład:

Problem: Czy każda liczba parzysta większa od 2 jest sumą dwóch liczb pierwszych? Sprawdzono dla wszystkich liczb parzystych mniejszych od  $6 \cdot 10^{16}$ .

Pytanie zawarte w tytule tego eseju brzmi: czy spór pomiędzy empirycystami i racjonalistami jest nadal aktualny? Chcę odpowiedzieć na to pytanie odwołując się do fizyki. Muszę się jednak przyznać do niedostatecznej kompetencji w dziedzinie, którą dla ilustracji wybrałem. Chodzi o tak zwaną fizykę cząstek.

Powtarzam: moja wiedza w tej dziedzinie fizyki jest może większa niż laika, ale niedostateczna, by pisać czy mówić o tych sprawach z podniesionym czołem. Zwracam jednak uwagę, że esej ten nie jest esejem popularyzującym fizykę. Raczej jest to esej filozoficzny. A zatem *incipiam*:

Jak słyszę, fizycy cząstek (mam na myśli teoretyków) wybierają jedną z dwóch dróg: Niektórzy za punkt wyjścia biorą wymyśloną teorię, z niej wyprowadzają wnioski i zamierzają konfrontować je z doświadczeniem uzyskanym przy pomocy różnego rodzaju akceleratorów. Inni próbują wyprowadzić podstawową teorię porządkując obserwowane cząstki i ich oddziaływanie. Ci pierwsi bazują niemal wyłącznie na różnych wariantach tzw. teorii strun. Ci drudzy eksploatują konsekwencje tzw. Modelu Standardowego (Randall, 2005, s. 90, 93).

Nie czuję się na siłach przedstawić tu jakiś opis teorii strun. Mogę tylko powtórzyć za tymi, którzy w tej dziedzinie pracują, że w teorii tej punktowe cząstki zastąpione są strunami. W teorii tej podstawową rolę gra pewien nowy typ symetrii – tzw. supersymetria. Konsekwencją tej teorii jest jej wielowymiarowość, operuje ona dziesięcioma, czy nawet jedenastoma wymiarami.

Model Standardowy opiera się na grze sił (oddziaływań) pomiędzy sześcioma kwarkami, sześcioma leptonami, pięcioma bozonami i postulowanym szóstym bozonem Higgsa<sup>1</sup>. Kwarki, leptony i bozony należą do grup cząstek, które w ciągu ubiegłego stulecia zostały sukcesywnie odkryte i zidentyfikowane.

---

<sup>1</sup> Obecnie eksperymentalnie potwierdzonym (przyp. redakcji).

Niektóre z nich są czułe na siły elektromagnetyczne, niektóre na jądrowe oddziaływanie tzw. silne, a niektóre na jądrowe oddziaływanie tzw. słabe. Model Standardowy ignoruje oddziaływanie grawitacyjne (Bryson, 2005, s. 206).

Teoria strun, czyli inaczej teoria supersymetrii, nie może się poszczycić żadnymi sukcesami w konfrontacji z doświadczeniem. Ciągłe jest rozwijana, różne jej warianty dają eleganckie obrazy świata, ale obrazy nie do sprawdzenia. Model Standardowy jest natomiast płodny w konsekwencje, gdy chodzi o poszukiwanie nowych cząstek, poszukiwanie niejednokrotnie uwieńczone sukcesem.

Zaangażowanie fizyków w eksploatację teorii strun wywołuje wśród specjalistów kontrowersyjne opinie. Pozwolę sobie przytoczyć dwie z nich. Oto opinia Andrzeja Staruszkiewicza:

Teoria strun nie wyjaśniła ani jednego faktu eksperymentalnego. Jeden z animatorów tej teorii powiedział, że teoria strun pozwala wszystko zrozumieć, chociaż nie pozwala niczego obliczyć. W tej wypowiedzi tkwi słuszna zasada, ale doprowadzona do absurdu. Czym zatem jest teoria strun? Moim zdaniem jest wynikiem stosowania zasady identyfikacji Einsteina i Diraca, ale bez niesłuchanie ważnego elementu, a mianowicie jednego konkretnego problemu, który stanowiłby nić Ariadny w nieskończenie rozległym świecie struktur matematycznych. Taką nicią Ariadny była dla Einsteina równość masy bezwładnej i ciężkiej (Staruszkiewicz, 2000).

A oto opinia Lisy Randall:

Teoria strun jest wspaniała, doprowadziła do cennych matematycznych i fizycznych wniosków i całkiem możliwe, że zawiera odpowiednie składniki ostatecznego opisu natury (...). Teorię strun, taką jak ją obecnie rozumiemy, dzieli od przewidywań opisujących nasz świat olbrzymia teoretyczna przepaść (...). Potrzeba nam dużo szczęścia, by udało się wysnuć wszystkie odpowiednie zasady fizyczne, które pozwolą na podanie przewidywań teorii strun pasujących do obserwacji (Bryson, 2005, s. 206).

Ta druga opinia jest mniej krytyczna niż pierwsza, ale nie ukrywa olbrzymiego dystansu, jaki dzieli teorię strun od weryfikowalnych faktów.

Chciałbym tu z całym naciskiem podkreślić, że celem tego eseju nie było zaznajomienie czytelnika z teoriami, względnie modelami, z dziedziny fizyki cząstek. Celem tym było natomiast zwrócenie uwagi na przeciwstawne tendencje występujące w tej części filozofii, która od wieków zajmowała się teorią poznania.

Przedstawiony tu rzut oka na bardzo aktualne sprawy nurtujące fizykę demaskuje stary jak świat problem: czy jedynym źródłem wiedzy jest doświadczenie zmysłowe (oczywiście wzbogacone porządkującą pracą umysłu), czy umysł, bazując na tylko podstawowych faktach konstruuje gmach wiedzy, który następnie poddaje się weryfikacji w doświadczeniu. Empiryzm *contra* racjonalizm.

## Bibliografia

- Angeles, P.A., 1992. *The Harper Collins Dictionary – Philosophy*, 2nd ed., New York, NY: Harper Perennial.
- Bryson, B., 2005. *A short history of nearly everything*. Toronto: Doubleday.
- Davies, P., 1980. *Other worlds*. New York: Simon and Schuster.
- Janik, J.A., 2011. Postać a Rzeczywistość. W: *Ontologiczne aspekty fizyki*. Wyd. 2, Kraków: Polska Akademia Umiejętności.
- Kim, J., Sosa, E., red., 1995. *A Companion to Methaphysics*. Oxford (UK) – Cambridge (Mass): Blackwell.
- Law, S., 2002. *Philosophy*. London – New York – Melbourne – Munich – Delhi: Dorling Kindersley (DK).
- Randall, L., 2005. *Ukryte wymiary wszechświata*. Tłum. B. Bieniok, E.L. Łokas. Warszawa: Prószyński i S-ka.
- Schinzel, A., 2011. *O niektórych otwartych problemach teorii liczb*. J.A. Janik, red., *XVI Seminarium Nauka – Religia – Dzieje*, Kraków: Wydawnictwo UJ.
- Staruszkiewicz, A., 2000. *X Seminarium Nauka – Religia – Dzieje, Castel Gandolfo*, J.A. Janik, red. Kraków: Wydawnictwo UJ.
- Stein, E., 1986. *Endliches und ewiges Sein*. Freiburg – Basel – Wien: Herder.