

Magdalena Filipek

Elementy absolutne w fizyce w kontekście filozofii Maxa Plancka

Studia Philosophiae Christianae 44/2, 223-237

2008

Artykuł został 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.

PRACE PRZEGLĄDOWE

MAGDALENA FILIPEK

ELEMENTY ABSOLUTNE W FIZYCE W KONTEKŚCIE FILOZOFII MAXA PLANCKA

Max Planck najczęściej bywa kojarzony z teorią kwantów oraz stałą fizyczną nazwaną jego nazwiskiem. Tyle zapamiętuje zwykle przeciętny uczeń liceum z kursu fizyki. Mało znane pozostają natomiast koncepcje filozoficzne Plancka. Uczony dzielił się swymi przemyśleniami przy różnych okazjach, głównie były to wykłady dla rozmaitych audytoriów. Pierwsze tego rodzaju wystąpienie miało miejsce w 1908 roku w Lejdzie, ostatnie w 1941. Planck zebrał i kilkakrotnie wydawał swe wykłady filozoficzne, ostatnie czwarte wydanie pochodzi z 1944 roku. Poruszana tematyka zasadniczo zawsze związana jest z fizyką, nieliczne wykłady dotyczą religii czy wolnej woli.

W artykule zwrócimy uwagę na pewne charakterystyczne cechy koncepcji trzech światów. Zatrzymamy się nad elementami absolutnymi, ukażemy, jak były rozumiane przez naszego uczonego i jaką rolę odgrywały w teoriach fizycznych. Następnie, biorąc pod uwagę rozwój świata III w kierunku coraz bardziej abstrakcyjnych ujęć, poruszymy problem symetrii fizycznych, które mogą być traktowane jako elementy absolutne współczesnych teorii oddziaływań.

Koncepcja trzech światów w sposób najbardziej wyraźny została określona w pierwszym (1908) i ostatnim (1941) wystąpieniu filozoficznym Plancka, w innych wykładach odnajdujemy elementy dotyczące poszczególnych światów. Stanowi to podstawę ich rekonstrukcji.

Świat I nazywany jest „światem zmysłów”. Z jednej strony chodzi tu o dane zmysłowe i dane przyrządów, z drugiej – o obraz świata,

który otrzymujemy przez zrutowanie świata zewnętrznego poprzez „okulary” zmysłów na ludzki umysł. Wypowiedzi Plancka na temat świata I dotyczą obu ujęć. Świat zmysłowy jest dostępnym dla nas obrazem świata zewnętrznego, a nie samym realnym światem, natomiast świat III – fizycznym, naukowym obrazem świata, który powstawał wraz z rozwojem myśli naukowej. Podlega on ciągłym zmianom i modyfikacjom. Planck twierdzi, że każda zmiana obrazu naukowego pozwala nam dowiedzieć się czegoś nowego o przyrodzie.

Szczególnie ważne są dla naszego autora zasady zachowania i stałe uniwersalne, stanowią one elementy absolutne teorii fizycznych i pozostają znakami absolutnych praw rządzących przyrodą. Ten zewnętrzny w stosunku do nas świat przyrody z jego prawami nazywany jest światem metafizycznym, absolutnym, określimy go jako świat II.

Wspomniane elementy absolutne, ujawniające się w toku badań, wskazują na odpowiednie struktury świata II. Ich występowanie jest dla Plancka „namacalnym dowodem istnienia w przyrodzie pewnej rzeczywistości”¹ niezależnej od człowieka oraz od wykonywanych pomiarów. Przekonanie, że teorie zawierają składniki absolutne, skłania Plancka do ich poszukiwania. W teoriach fizycznych, z którymi się zetknął, starał się wychwytywać składniki absolutne i niezmiennie. Postępowanie takie było zgodne z całą koncepcją filozoficzną naszego autora. W swej autobiografii podkreśla, że poszukiwanie tego, co absolutne, wydawało mu się zawsze najpiękniejszym zadaniem uczonego².

Początkowo w pracy naukowej, jak zauważa Planck, wychodzimy od czegoś względnego, na przykład od pomiarów, następnie z uzyskanych danych wydobywamy zawarte w nich elementy powszechnie ważne, niezmiennie³. Podobnie postępujemy z teoriami.

¹ M. Planck, *Religia a nauki przyrodnicze*, w: M. Planck, *Nowe drogi poznania fizycznego a filozofia*, tłum. z niem. K. Napiórkowski, red. S. Butryn, Warszawa 2003, 315.

² Por. M. Planck, *Autobiografia uczonego*, w: M. Planck, *Jedność fizycznego obrazu świata*, tłum. z niem. R. i S. Kernerowie, red. W. Krajewski, Warszawa 1970, 245.

³ Por. Tamże, 245.

W myśl tego, w twierdzeniach teorii względności nasz uczony starał się wskazać to, co niezmiennie; tym sposobem prędkość światła zyskała sens absolutny, a w teorii kwantów absolutnym okazał się kwant działania. Obie te wielkości stanowią „absolutne jądro”⁴ teorii, w których skład wchodzi.

Planck jest przekonany, że to, co absolutne, jest głęboko zakorzenione w odkrywanych prawidłowościach. Wyprowadzone z nich konsekwencje bywają zaskakujące, a możliwość eksperymentalnego sprawdzenia i uzyskane wyniki wskazują na jakieś odniesienie prawidłowości do świata II. Jako przykład podaje Planck twierdzenie Nernsta⁵ z 1906 roku (tzw. trzecia zasada termodynamiki), dotyczące dodatniej wartości entropii. To podstawowe założenie termodynamiki stało się przedmiotem rozważań naukowych Plancka. W ich wyniku zostało uogólnione i uzasadnione na gruncie fizyki statystycznej. Uczony wykazywał, że w temperaturze zera bezwzględnego entropia jest równa zeru, i zauważył ważne konsekwencje tego twierdzenia, potwierdzone doświadczalnie. W powyższym przykładzie, mamy początkowo do czynienia z pewnymi pojęciami, prawidłowościami, równaniami, wyprowadzone następnie wnioski ujawniają obszary pierwotnie nie objęte teorią oraz ukazują nowe związki pomiędzy równaniami, a rzeczywistością świata zewnętrznego.

W pracach Plancka, w kontekście uwag na temat elementów absolutnych, wyjątkowo dużo miejsca zajmują rozważania na temat kwantu działania. Początkowo był on jedynie zdumiewającą hipotezą, stanowiącą klucz do zrozumienia widma energetycznego ciała doskonale czarnego. Po raz pierwszy kwant działania pojawił się w prawie promieniowania podanym w 1900 roku. Planck przyznaje, że próbował „dopasować” odkrytą wielkość do ram fizyki klasycznej, jednakże wysiłki te zawsze rozбивały się o jakiś brak spójności teorii, w której powstawała szczelina, pęknięcie, a nowa wielkość okazywała się zawsze „niedopasowana i oporna”⁶. Dalsze prace badawcze ukazały znaczenie i podstawową rolę, jaką odgrywa kwant

⁴ Por. Tamże, 246.

⁵ Por. Tamże, 246–247.

⁶ M. Planck, *Powstanie i dotychczasowy rozwój teorii kwantów*, w: *Nowe drogi poznania fizycznego a filozofia*, dz. cyt., 178.

działania w fizyce: wskazał nowe obszary świata rzeczywistego i zmienił myślenie o przyrodzie⁷.

W wyniku przeprowadzonych doświadczeń (Franck, Hertz, Millikan) i opracowań teoretycznych (Einstein) zyskiwano przekonanie o istnieniu kwantu działania⁸. Jednakże najważniejszymi, zdaniem Plancka, pozostają prace Bohra dotyczące atomu wodoru. W opracowaniach tych kwant działania został wykorzystany do opisu mechanizmu emisji i absorpcji energii. W ten sposób koncepcja kwantów energii dostarczyła „klucza do bram cudownego świata spektroskopii”⁹, a badacze zaczęli zdawać sobie sprawę, że kwant działania ma do odegrania w fizyce szczególną rolę. W każdym eksperymencie fizycy mieli do czynienia z tą samą, niezależną od nich, wartością nazywaną dziś stałą Plancka. W odkrytej wielkości przyroda „objawiła pewien absolut, pewną rzeczywiście niezmienną jednostkę”¹⁰. Dla naszego uczonego stałe uniwersalne są znakiem świata II zawartym w systemie fizyki. Zostają do nich zaliczone, obok prędkości światła w próżni i kwantu działania, stała grawitacji, masa protonu, ładunek elementarny¹¹ i inne, które „mają realne znaczenie o tyle, o ile ich wartości są niezależne od rodzaju, miejsca i stanu ruchu obserwatora”¹². Stałe uniwersalne jako elementy absolutne są niezależne od ciał i eksperymentów, za ich pomocą możemy skonstruować jednostki długości, czasu, masy, temperatury, „które w sposób konieczny muszą zachować swoje znaczenie po wszystkie czasy i dla wszystkich”¹³. W 1906 roku Planck zaproponował taki naturalny układ jednostek – wielkością podstawową, służącą do ustalenia innych wielkości, był ładunek elementarny. Współcześni fizycy definiują tzw. bezwzględny układ jednostek, w którym $G=c=h=1$

⁷ Por. Tamże, 179.

⁸ Por. Tamże, 180.

⁹ Tamże, 181.

¹⁰ Tamże.

¹¹ Por. Tenże, *Stanowisko nowoczesnej fizyki wobec mechanistycznego poglądu na природę*, w: *Nowe drogi poznania fizycznego a filozofia*, dz. cyt., 65.

¹² Tamże, 65.

¹³ Tenże, *Jedność fizycznego obrazu świata*, w: *Nowe drogi poznania fizycznego a filozofia*, dz. cyt., 46.

(gdzie: G – stała grawitacji; c – prędkość światła w próżni; $\hbar = h/2\pi$, h – stała Plancka), i otrzymują¹⁴:

$$\text{masa Plancka} = \left(\frac{\hbar c}{G} \right)^{\frac{1}{2}} = 2,18 \cdot 10^{-5} \text{ g}$$

$$\text{czas Plancka} = \left(\frac{G\hbar}{c^5} \right)^{\frac{1}{2}} = 5,34 \cdot 10^{-44} \text{ s}$$

$$\text{długość Plancka} = \left(\frac{G\hbar}{c^3} \right)^{\frac{1}{2}} = 1,61 \cdot 10^{-35} \text{ m}$$

Zamiast jednostek ustalonych umownie (metr, sekunda) występują tutaj podstawowe stałe fizyczne: G , c , \hbar . Fizycy sądzą, że teoria, w której zostałyby zastosowany taki układ jednostek, powinna być syntezą mechaniki kwantowej i teorii grawitacji. Planck był przekonany, że jednostki zbudowane na wartościach stałych uniwersalnych zachowają znaczenie niezależnie od czasu i miejsca¹⁵, a jeśliby istniały jakieś cywilizacje pozaziemskie, one także natkną się na wspomniane stałe¹⁶.

Absolutne znaczenie mają też prawa zachowania. Planck wyrażał przekonanie, iż zasada zachowania energii była spełniona również wtedy, gdy „jeszcze żaden człowiek nie mógł się nad nią zastanawiać”¹⁷. Podobnie z zasadą zachowania pędu, zasadami termodynamiki czy zasadą względności¹⁸. Obok stałych uniwersalnych, sta-

¹⁴ Por. R. Penrose, *Droga do rzeczywistości*, tłum. z ang. J. Przystawa, Warszawa 2007, 686; por. L. M. Sokołowski, *Dlaczego nie ma nic, skoro powinno coś być, czyli centralny problem fizyki teoretycznej*, *Postępy Fizyki* 46(1995)3, 219.

¹⁵ Por. M. Planck, *Religia a nauki przyrodnicze*, art. cyt., 315.

¹⁶ Por. Tenże, *Jedność fizycznego obrazu świata*, art. cyt., 46.

¹⁷ Tamże, 49–50.

¹⁸ Por. Tenże, *Obraz świata nowej fizyki*, w: *Nowe drogi poznania fizycznego a filozofia*, dz. cyt., 104.

nowią one „kamienie węgielne”¹⁹ fizyki, są znakami rzeczywistego świata.

Traktowanie stałych fizycznych i zasad zachowania jako elementów absolutnych jest dla naszego autora konsekwencją wniosków wyciąganych z eksperymentów. Kwant działania nie dotyczy już jedynie ciała doskonale czarnego, ale pojawia się w najrozmaitszych pomiarach²⁰, jest „tajemniczym posłańcem”²¹ ze świata rzeczywistego, domagającym się własnego miejsca w fizyce. Stałe uniwersalne narzucają się badaczom jako „konsekwencje zgodnych wyników wszystkich dotyczących ich pomiarów”²². Planck jest przekonany, że również przyszłe eksperymenty będą prowadziły do tych samych wartości stałych²³. Dodatkowe znaczenie ma fakt, że kwant działania poprzez zasadę nieoznaczoności wskazuje na ograniczenie wszystkich metod eksperymentalnych, w ten sposób zostaje ustanowiona obiektywna granica wydajności przyrządów pomiarowych, która „na zawsze będzie utrudniać nam pełne przyczynowe zrozumienie subtelniejszych procesów fizycznych”²⁴. Uczony upatruje tu istnienia prawidłowości nowego rodzaju, której nie da się sprowadzić do statystyki²⁵.

Ponadto, zdaniem naszego autora, to nie powody praktyczne²⁶ były czynnikiem decydującym o wprowadzeniu stałych uniwersalnych i zasad zachowania i nie przez człowieka zostały one wymyślone – nie mogą więc być dowolnie zmieniane. Przemawia za tym fakt, że przeprowadzone doświadczenia zawsze prowadzą do tych samych wartości stałych, które „narzucają się z nieodpartą koniecznością”²⁷,

¹⁹ Tamże, 104.

²⁰ Por. Tamże, 103.

²¹ Tamże, 103.

²² Tenże, *Religia a nauki przyrodnicze*, art. cyt., 315.

²³ Por. Tamże, 315.

²⁴ Por. Tenże, *Przyczynowość w przyrodzie*, w: *Nowe drogi poznania fizycznego a filozofia*, dz. cyt., 127.

²⁵ Por. Tenże, *Fizyka w walce o światopogląd*, w: *Nowe drogi poznania fizycznego a filozofia*, dz. cyt., 138.

²⁶ Por. Tenże, *Religia a nauki przyrodnicze*, art. cyt., 315.

²⁷ Tamże, 315.

a badacz zostaje „zmuszony”²⁸ do przyjęcia takich, a nie innych wartości i zasad. Planck zauważa, że nic nie stoi na przeszkodzie, by zostały pomyślane dowolne prawa i stałe, ale przyroda nie realizuje tej dowolności. Nie można też w dowolny sposób rozbudowywać istniejących systemów teoretycznych – przypomnijmy o nieudanych próbach włączenia kwantu działania do teorii klasycznej. Odkryta wielkość okazała się „krnąbrna i oporna”²⁹, nie pasowała do dotychczasowych teorii, rozsadzała je, wprowadzała nowy, nieznaną element. Poświęcona jej uwaga i wysiłki badaczy utwierdzały w przekonaniu, że stała ta ma jakieś rzeczywiste znaczenie, domaga się „własnego miejsca” w gmachu fizyki oraz nowych ujęć rozważanych zagadnień. Planck stwierdza: „kwant działania ma odegrać w fizyce atomowej fundamentalną rolę [a jego] pojawienie się znamienuje początek nowej epoki w fizyce”³⁰. Przejawia się w nim coś „nowego, nie spotykanego dotychczas, coś co może radykalnie przekształcić nasze myślenie fizyczne”³¹.

Elementy absolutne są dla Plancka trwałymi, niezmiennymi składnikami³² gmachu fizyki teoretycznej. Bez nich, tj. bez założenia czegoś stałego, nie jest możliwe zdefiniowanie pojęć, czy zbudowanie teorii. Ponadto elementy absolutne zostają zachowane w fizyce nawet wówczas, gdy zmianom ulegają całe teorie. W tym kontekście uczony wskazuje zasadę zachowania energii, pędu, zasadę najmniejszego działania, zauważając przy tym, że ich znaczenie nieustannie wzrastało podczas przebudowywania świata III³³.

Współcześni fizycy, mówiąc o zasadach zachowania, wskazują na coraz bardziej abstrakcyjne reguły odkrywane na zaawansowanym poziomie badań teoretycznych. Przykładem takiej zasady,

²⁸ Tamże, 316.

²⁹ M. Planck, *Autobiografia uczonego*, w: M. Planck, *Jedność fizycznego obrazu świata*, dz. cyt., 243.

³⁰ Tamże.

³¹ Tamże.

³² Por. Tenże, *Geneza i następstwo idei naukowych*, w: *Nowe drogi poznania fizycznego a filozofia*, dz. cyt., 249.

³³ Por. Tenże, *Nowe drogi poznania fizycznego*, w: *Nowe drogi poznania fizycznego a filozofia*, dz. cyt., 161.

sformułowanej w przestrzeni świata III, jest tzw. twierdzenie CPT. Głosi ono, że wszystkie podstawowe oddziaływania występujące w przyrodzie są niezmiennicze względem transformacji, będącej złożeniem operacji C, czyli sprzężenia ładunkowego³⁴, P – inwersji przestrzennej (odbicie lustrzane, parzystość); i T – odbicia w czasie. Przekształcenia te mogą być dokonane w dowolnej kolejności.

Naruszenie niezmienniczości jednej z trzech transformacji (na przykład P w oddziaływaniach słabych) pociąga za sobą niespełnienie niezmienniczości względem dwu pozostałych (połączonych) tak, by zostało zachowane złożenie przekształceń CPT. Wspomniane naruszenia niezmienniczości muszą się tak kompensować, by w wyniku otrzymać niezmienniczość transformacji złożonej CPT. Twierdzenie to wynika z fundamentalnych założeń, leżących u podstaw teorii fizycznych, wśród których należy wymienić: przyczynowość zdarzeń, brak możliwości istnienia natychmiastowych oddziaływań na odległość, związek między spinem cząstek i zachowaniem statystycznym dużych ich zespołów, niezmienniczość relatywistyczną. „Założenia te są na tyle podstawowe, że nie udaje się sformułować teorii oddziaływania naruszającego niezmienniczość CPT”³⁵. Przewidywania teorii, odwołujących się do wspomnianego twierdzenia, były wielokrotnie konfrontowane z wynikami eksperymentów (równość masy cząstek i antycząstek, równość ich czasów życia, wartości momentów magnetycznych).

Odkryte zasady służą w fizyce do wyjaśniania wyników doświadczeń i przebiegu zjawisk, na ich podstawie dokonuje się przewidywań oraz buduje nowe teorie. Te nowopowstające teorie obejmują osiągnięcia dawnych i często respektują podstawowe zasady zachowania (pędu, energii, ładunku i inne), jak również przejmują wartości stałych fizycznych. Równocześnie bada się w fizyce zakres i granice stosowalności zasad oraz niezmienniczość stałych przyrody³⁶

³⁴ Transformacja sprzężenia ładunkowego C powoduje zmianę cząstek na antycząstki i na odwrót, nie zmienia natomiast kierunku ruchu (pędu) ani spinu cząstki. Fakty te mają znaczenie w przypadku neutrin i antyneutrin.

³⁵ Por. A. Strzałkowski, *O siłach rządzących światem. Rzecz o podstawowych oddziaływaniach: grawitacyjnych, elektromagnetycznych, silnych i słabych*, Warszawa 1996, 112.

³⁶ Por. J. D. Barrow, J. K. Web, *Niestale stałe*, Świat Nauki (2005)7, 25–31.

występujących w równaniach teorii. Jest to zrozumiałe, gdyż w historii fizyki zdarzały się przypadki odchodzenia od, zdawałoby się, ugruntowanych zasad. Nigdy nie mamy pewności, czy to, co dziś uważamy za niezmienną zasadę, jutro nie okaże się zasadą złamaną. Z drugiej strony mamy świadomość, że mimo zmian zachodzących w teoriach bądź ujęciach, pewne zasady przetrwały – są spełnione zarówno w makroświecie, jak i w skali mikroświata. Niemniej jednak nowe zjawiska zawsze stawiają badacza wobec dylematu: zmienić dotychczas obowiązujące zasady, czy próbować je ratować.

Takie „ratowanie” prowadziło czasem do postulowania istnienia bytów, które następnie dziesiątki lat czekały na potwierdzenie eksperymentalne. W pewnym sensie można twierdzić, że zasady i struktury teoretyczne dyktują istnienie i sposób zachowania bytów – przykładem rozpad β i postulowanie istnienia neutrina. Wyniki eksperymentów dotyczących promieniotwórczości postawiły badaczy przed zagadką ciągłego widma energetycznego cząstek β . Wyjaśnienia domagał się fakt różnic między rozpadem α i β . Cząstki α były monoenergetyczne, natomiast energia cząstek β przyjmowała wartości od maksymalnych do bliskich zera – wydawało się, że pewna ilość wydzielonej energii ginęła. Część fizyków – wśród nich Bohr – rozważało hipotezę obowiązywania zasady zachowania energii w sposób statystyczny, tj. po uśrednieniu wielu procesów mikroskopowych; w aktach elementarnych energia mogłaby nie być zachowana.

W 1930 roku w celu wyjaśnienia problemów Pauli postulował istnienie neutrin, „zdecydował się na ten desperacki krok, ponieważ uznał, że zasadę zachowania energii, jedną z najbardziej fundamentalnych zasad fizyki, można jednak uratować”³⁷, jeśli przyjmiemy, że brakująca energia jest unoszona przez nową, nieznaną i niemal niemożliwą do wykrycia, cząstkę – neutрино. Początkowe próby potwierdzenia istnienia „cząstki-widma” nie przynosiły rezultatów. W latach trzydziestych dwudziestego wieku, próby oceny prawdopodobieństwa oddziaływania neutrin z materią prowadziły do wniosku, że „nie istnieje praktycznie żadna metoda zaobserwowania

³⁷ A. K. Wróblewski, *Historia fizyki od najdawniejszych czasów do współczesności*, Warszawa 2006, 492.

neutrino”³⁸. Eksperymenty rozstrzygające wykonane zostały dopiero w 1956 roku³⁹. „Cząstka-widmo”, zaproponowana przez Pauliego, czekała na odkrycie 25 lat, a przeprowadzone doświadczenia umocniły wiarę fizyków w obowiązywanie zasady zachowania energii.

Współczesnym dylematem dotyczącym kwestii: utrzymać zasady i postulować byty, czy zmienić zasady, jest problem istnienia ciemnej materii. Jeśli utrzymamy w mocy dotychczasowe zasady – ciemna materia istnieje, natomiast jeśli zmienimy zasady, być może, okaże się zbędna⁴⁰. Problem pojawił się w związku z trudnościami w wyjaśnieniu niedoboru masy w większych strukturach kosmicznych. Prawa fizyki określały, ile materii powinien zawierać układ, aby nie doszło do jego rozpadu. Tymczasem okazało się, że obserwowana masa nie wystarcza do wyjaśnienia obserwowanego oddziaływania grawitacyjnego. Rozbieżność ta dotyczy niemal wszystkich galaktyk oraz większych struktur i ma charakter powszechny. Obserwowana ilość materii jest od kilku do kilkuset razy mniejsza od spodziewanej, stąd w celu wyrównania masy astronomowie wprowadzają jej egzotyczną odmianę zwaną „ciemną materią”. Dodajmy, że zwykła materia – barionowa – stanowi około 4% całej masy, reszta to mniej lub bardziej egzotyczna jej postać.

Obliczenia dotyczące powyższych problemów przeprowadza się na podstawie dynamiki składników struktur galaktycznych, wykorzystując prawo grawitacji Newtona oraz II zasadę dynamiki Newtona. Opisują one zarówno ruchy ciał na Ziemi, jak i ruchy planet. Milcząco zakładamy, że można je stosować do dużych struktur kosmicznych, jednakże nie zostało to nigdy sprawdzone. Jeśli istnieją jakieś odchylenia od użytych praw, być może po ich zmodyfikowaniu nie trzeba będzie odwoływać się do ciemnej materii. Koncepcje takie zostały zaproponowane i są rozwijane, a znane są w środowisku naukowym jako MOND⁴¹ (*Modified Newtonian Dynamic*

³⁸ H. Bethe, R. Pilers, *The Neutrino*, Nature 133(1934), 532.

³⁹ Por. F. Reines, C. L. Cowan, *Detection of the Free Neutrino*, The Physical Review 92(1953), 830; C. L. Cowan, F. Reines, F. B. Harrison, H. W. Kruse, A. D. McGuire, *Detection of the Free Neutrino: A Confirmation*, Science 124(1956), 103.

⁴⁰ Por. M. Milgrom, *Czy ciemna materia na pewno istnieje?*, Świat Nauki (2002)10, 35–41.

⁴¹ Por. Tamże, 37.

– zmodyfikowana dynamika Newtona). Nawet krytycy tej koncepcji przyznają, że ma na swym koncie dużą liczbę poprawnych przewidywań dotyczących dynamiki galaktyk⁴². MOND potrafi na przykład przewidzieć szczegółowe parametry rotacji galaktyk jedynie na podstawie rozkładu widocznej materii i zakładanego stałego stosunku masy do jasności. Takich osiągnięć nie mają modele oparte na ciemnej materii. Dodać należy, że ostatnie badania i doniesienia nie rozwiązują kwestii: ciemna materia czy MOND⁴³.

Większość fizyków ufa dotychczasowym prawom i przyjmuje istnienie ciemnej materii. Pośrednie dowody jej istnienia nie wykluczają jednak wyjaśnienia obserwowanych efektów przez modyfikację praw fizyki⁴⁴. Dodatkową komplikację stanowi fakt, że „niemal na pewno ciemna materia składa się z cząstek elementarnych jakiegoś nieznanego dotąd rodzaju”⁴⁵ – fizycy nie wiedzą więc, czego szukają oraz w jaki sposób miałyby oddziaływać ciemna materia z materią znaną.

Podsumujmy: wraz z rozwojem nauki i rozbudowywaniem naukowego obrazu świata (świata III), zauważyć można tendencję do coraz bardziej abstrakcyjnych sformułowań zasad zachowania – od odkrywanej na poziomie świata I zasady zachowania ładunku, do abstrakcyjnego twierdzenia CPT. Nie można udowodnić obowiązywania, w sposób absolutny i ostateczny, tej czy innej zasady, niemniej jednak, wobec braku odstępstw, fizycy, powodowani praktyką naukową, wierzą, że przyroda stosuje się do tych regularności. Można wnioskować, że zasady te stanowią – na poziomie dzisiejszego rozwoju fizyki – elementy absolutne. Kierunek ten doprowadza nas do pojęcia symetrii, które rozważymy w dalszej części artykułu.

Istnienie zasad zachowania i stałych pobudziło uczonych do postawienia pytania o ich źródło i przyczynę. Stałe fizyczne pozostały zagadką, choć próbuje się wyjaśniać ich wartości w ramach na przykład teorii strun, natomiast zasady zachowania związane z istnieniem symetrii. Symetrie, o których mówią fizycy, nie mają

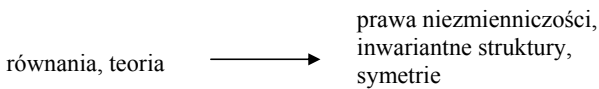
⁴² Por. A. Aguirre, *Niezły pomysł*, Świat Nauki (2002)10, 40.

⁴³ Por. G. Schelling, *Ciemne sprawy*, Świat Nauki (2008)8, 12–13.

⁴⁴ Por. D. B. Cline, *Polowanie na ciemną materię*, Świat Nauki (2003)4, 28–35.

⁴⁵ Tamże, 30.

wiele wspólnego z symetrią figur geometrycznych, znaną z kursu podstawowej matematyki czy z symetrią elementów architektonicznych. Wprowadzenie pojęcia symetrii do fizyki stało się możliwe po zastosowaniu algebraicznego pojęcia grupy. Przekształcenia symetryczne tworzą grupę, a przez symetrię rozumie się inwariantność (niezmienniczość) określonej struktury podczas wykonywania specyficznej grupy przekształceń. Elementami podlegającymi transformacji są nie tyle figury geometryczne, ile abstrakcyjne obiekty matematyczne. Jeśli te ostatnie mają odniesienia fizyczne, to techniczny aparat teorii grup może zostać wykorzystany wewnątrz teorii fizycznych. Szczegółowe omawianie tych zagadnień przekracza ramy tego artykułu⁴⁶. Tutaj wspomnijmy jedynie, iż pierwszym, który zwrócił uwagę na znaczenie symetrii w fizyce, był Wigner. W serii kolejnych artykułów wprowadził do filozofii nauki temat roli i znaczenia symetrii⁴⁷. Rozważając strukturę wiedzy fizycznej, zaproponował jej swoistą hierarchię. Zauważył, że korelacje występujące między bytami, zdarzeniami, tworzą pewną strukturę, którą fizycy próbują opisać za pomocą teorii i praw. Następnie na zaawansowanym poziomie fizycznych struktur teoretycznych, dają się uchwycić kolejne regularności, które nazywa „prawami niezmienniczości”, a które współcześnie identyfikujemy z symetriami. Fizycy zauważyli je dopiero po zbudowaniu teorii wykorzystujących abstrakcyjny aparat matematyczny. Zilustrujmy te procesy schematem:



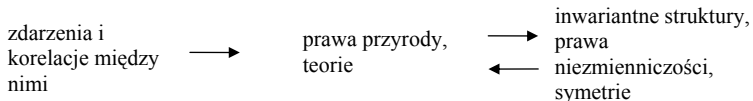
W myśl powyższego, znane z mechaniki teoretycznej równanie Lagrange’a II rodzaju pozostaje niezmiennicze we wszystkich układach współrzędnych uogólnionych, a równania Hamiltona, zawierające współrzędne i pędy uogólnione (tzw. współrzędne kanoniczne), są niezmiennicze względem tzw. przekształceń kanonicznych

⁴⁶ Obszerne omówienie zagadnienia symetrii w fizyce można znaleźć w: *Symmetries in Physics. Philosophical Reflections*, red. K. Brading, E. Castellani, Cambridge 2003.

⁴⁷ Por. E. P. Wigner, *Symmetries and reflections*, Bloomington: Indiana University Press 1967, 5.

zmiennych⁴⁸, które transformują jedne współrzędne kanoniczne w inne. Mechanika była pierwszym działem fizyki, którego równania badano pod względem ich niezmienniczości.

Inwariantna struktura, o której mówi Wigner, okazała się na tyle silna, trwała i na stałe wpisana w teorie fizyczne, że gdy mamy do czynienia z nieznanymi prawami natury, których nie umiemy odgadnąć, a które mieszczą się w owej niezmienniczej strukturze – potrafimy je sformułować. W ten sposób „inwariantna struktura” staje się naszym przewodnikiem, wyznacza kierunek i określa granice poszukiwań. Procesy zauważone przez Wignera można przedstawić następująco:



W przypadku braku środkowego elementu w powyższym schemacie, postulowanie znaczących fizycznie symetrii może nas doprowadzić do odpowiedniej teorii fizycznej. Tego rodzaju kierunek i sposób postępowania wskazał Einstein przy formułowaniu szczególnej teorii względności. U podstaw tej teorii leżą dwa postulaty:

1. stała prędkość światła,

2. zasada względności: „wszystkie prawa przyrody są jednakowe we wszystkich układach współrzędnych poruszających się względem siebie ruchem jednostajnym”⁴⁹.

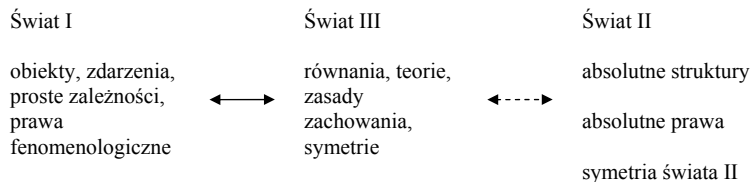
Przejsie od jednego układu współrzędnych do innego dokonuje się przez zastosowanie przekształceń Lorentza, względem których prawa fizyczne pozostają niezmiennicze. Transformacje Lorentza są przekształceniami symetrycznymi, gdyż pozostawiają niezmienniczą formę praw teorii przy zmianie układu odniesienia. Zasada względności, jako zasada symetrii, stanowiła regułę konstrukcyjną (była przewodnikiem przy formułowaniu teorii). Posługując się nią

⁴⁸ Więcej szczegółów w: W. Rubinowicz, W. Królikowski, *Mechanika teoretyczna*, Warszawa 1998, 237 nn.

⁴⁹ A. Einstein, L. Infeld, *Ewolucja fizyki*, tłum z ang. R. Gajewski, Warszawa 1962, 158.

oraz postulatem dotyczącym stałości prędkości światła, Einstein zbudował teorię i wyprowadził jej konsekwencje (w tym same przekształcenia Lorentza⁵⁰). Nastąpiło tu wspomniane odwrócenie postępowania: postulujemy zasady symetrii, potem formułujemy prawa. Symetrie zdobywają więc nowy status – są „zasadami a priori o uniwersalnej, prawdziwości, wyrażającymi prostotę przyrody na jej najgłębszym poziomie”⁵¹ – stają się punktem wyjścia, są postulatem, z którego wyprowadzane zostają prawa. Wigner zauważa⁵², że po sformułowaniu teorii względności, bardziej naturalne stają się próby wyprowadzenia i uzasadnienia praw natury na drodze odwoływania się do symetrii, niż wyprowadzanie praw niezmienniczości z tego, co, jak wierzymy, stanowi prawo natury. Tego rodzaju zasadę (od symetrii do równań i teorii) zastosował Einstein przy formułowaniu ogólnej teorii względności.

Hierarchia wiedzy fizycznej Wignera w połączeniu z trzema światami Plancka prowadzi ku rozważeniu statusu symetrii jako kolejnego kroku w kierunku absolutnych struktur świata II. Zilustrujmy to schematem:



Znakami świata II były dla Plancka stałe uniwersalne i zasady zachowania. W związku z tym, co zostało powiedziane w kontekście współczesnej fizyki, znakami będą również symetrie. Uzasadniają one istnienie regularności występujących w przyrodzie, ujętych

⁵⁰ Por. W. A. Ugarow, *Szczególna teoria względności*, tłum. z ros. W. Zuzga, Warszawa 1985, 45.

⁵¹ S. Weinberg, *Podstawy pojęciowe zunifikowanej teorii oddziaływań słabych i elektromagnetycznych*, *Postępy Fizyki* 32(1981)2, 135.

⁵² Por. E. P. Wigner, *Symmetries and reflections*, Bloomington: Indiana University Press 1967, 5.

w postaci zasad zachowania, i zyskują miano elementów absolutnych w rozumieniu Plancka.

Zarysowany powyżej problem symetrii jako elementów absolutnych nie wyczerpuje zagadnienia. Nie poruszono na przykład kwestii roli symetrii w teorii oddziaływań elementarnych, jak również łamania symetrii. Celem artykułu było jedynie ukazanie sposobu rozumienia przez Plancka elementów absolutnych oraz wskazanie, iż we współczesnej fizyce ich rolę mogą pełnić symetrie.

ABSOLUTE ELEMENTS IN PHYSICS IN THE CONTEXT OF MAX PLANCK'S PHILOSOPHICAL THEORY

Summary

The article outlines Max Planck's theory of the three worlds. The absolute elements present in World III refer to the absolute structures of the real World II. According to Planck, absolute elements are basic physical constants and the conservation laws. Modern physics introduces new abstract conservation laws, which were unknown to Planck. The outcome of the development of World III is the discovery of the idea of symmetry in physics. Wigner was the first to draw the attention of physicists and philosophers to it. Symmetry can justify the existence of the conservation laws and can be considered as an absolute element in the modern physical theories.