

ZENON EUGENIUSZ ROSKAL

## METAFIZYCZNE IMPLIKACJE MATEMATYZACJI PRZYRODY

"Współcześnie z tymi filozofami, a także i przed nimi, tak zwani pitagorejczycy pierwsi zajmą się naukami matematycznymi nauki te rozwinęli., a zaprawiwszy się w nich sądzą, że ich zasady są zasadami wszystkich rzeczy [...] a całe niebo jest harmonią i liczbą"

Arystoteles. Metafizyka, ks. A /I/

Przeciwstawienie filozofii nauce, a w szczególności fizyce ujmowane w schemat fizyka-metafizyka, jakie wyrosło na gruncie nowożytnego przyrodoznawstwa, w świetle rozwoju samej fizyki, w jej analizie historycznej, wydaje się być uproszczeniem zbyt daleko idącym. Takie stawianie zagadnień nie jest trafne ani z fizycznego, ani z metafizycznego punktu widzenia. Można by założyć, że pomiędzy fizyką i metafizyką zachodzą o wiele głębsze powiązania niż wynika to z ujęć, w których te dwie nauki przeciwstawia się sobie. Takie założenie nie prowadzi do sprzeczności, a nawet umożliwia jeżeli już nie "głębsze" to przynajmniej "nowe" spojrzenie na obie te nauki.

Faktem jest, że metoda a nawet sam przedmiot badań różnią się zasadniczo, ale w niczym nie zmienia to faktu, że fizyka jest uwikłana w kontekst metafizyki. Skoro zaś związki takie zachodzą, to można by się zastanowić nad tym czy sama metafizyka nie zawdzięcza czegoś fizyce? Jeżeli nie byłyby to treści czerpane wprost z fizyki, to może byłyby to treści czerpane z jej historycznego rozwoju. Założywszy, że u podstaw fizyki leży jakaś metafizyka, która stanowi swego rodzaju program badawczy, możemy dojść do wniosku, że sam rozwój fizyki może wykazywać słuszność bądź niesłuszność podstaw metafizycznych. Takie stawianie zagadnień jest bardziej interesujące, gdyż może przynieść rozwiązania zarówno dla

fizyki, jak i dla metafizyki. W takim ujęciu możliwym się staje zarówno podanie kryteriów wyznaczających kierunki rozwoju fizyki, jak i kryteriów oceniających metafizykę. Stefan Amsterdamski tak to ujmuje:

"[.] zespół pojęć i koncepcji wyznaczających globalną wizję świata i poznawczy stosunek człowieka do niego oraz do samego siebie zwykło się nazywać metafizyką. W pewnym sensie przekonania te są istotnie niesprawdzalne - nie da się ich ani potwierdzić, ani obalić w drodze indywidualnego eksperymentu, tak jak zwykło się tego domagać od twierdzeń naukowych.

"[.] Można powiedzieć, jak Kant, że metafizyka jest polem bitwy, na którym rozum ludzki walczy o uzasadnienie własnych założeń, z którymi przystępuje do badania. Ale można też z równym powodzeniem metaforę tę odwrócić i uznać, że nauka jest polem bitwy, na którym systemy metafizyczne, dając empirycznie niesprawdzalne uzasadnienia określone mu sposobowi postępowania badawczego i stwarzając ramy dla jego krytycznej analizy, okazującej mają swoją przydatność w charakterze regulatywnych zasad tworzenia wewnętrznie niesprzecznego i zgodnego z doświadczeniem systemu wiedzy"<sup>1</sup>.

Można zatem przypuścić, że historyczna analiza rozwoju fizyki może przynieść rozstrzygnięcia dla samej metafizyki. Równocześnie ta sama analiza jest w stanie ujawnić, że taka zależność pomiędzy fizyką a metafizyką rzeczywiście zachodzi. Jeżeli zaś zachodzi, to nie tylko daje to możliwość "testowania" metafizyki, ale również a może przede wszystkim umożliwia głębsze zrozumienie samej fizyki. Pozwala na sformułowanie kryteriów jej rozwoju oraz wyznaczenie kierunków tego rozwoju.

Punktem centralnym tego rozumowania jest przyjęcie tezy o możliwości weryfikacji, przynajmniej niektórych, twierdzeń metafizyki opierając się na danych historycznych rozwoju fizyki. Teza ta staje się możliwa do przyjęcia wówczas, kiedy sobie uświadomimy rzeczywiste zależności, jakie występują pomiędzy fizyką i metafizyką.

W najgłębszym przekonaniu autora, fizyka posiada wewnętrzną logikę rozwoju - zapewnia ją powiązanie centralnych pojęć podstawowych teorii fizycznych z tezami metafizyki.

Powiązanie to realizuje się poprzez uwikłanie pojęć fizycznych w najogólniejsze kategorie ontologiczne.

Fizyka opisując realny świat przyrody uzależnia się od tez metafizyki, która rozstrzyga o realności. Nie sposób zrozumieć realistycznie teorii fizycznych bez odwołania się do metafizyki, która ostatecznie funduje owe realności. Fizyka współczesna wskazuje na metafizykę pitagorejsko-platońską jako na tę ostateczną teorię, w świetle której można dokonać realistycznej interpretacji zawartości poznawczej jej centralnych teorii.

O fizyce XIX czy XVIII stulecia tezę tą można orzec w stopniu o wiele mniejszym, jeszcze trudniej jest orzec ją o fizyce Galileusza czy Newtona, niemniej jeżeli przeanalizuje się historię fizyki to można zauważyć, że rozwój jej polegał na coraz głębszym uwikłaniu pojęć fizycznych w kontekst matematyki. Pojęcia stawały się coraz mniej pogładowe i "fizyczne" oraz coraz bardziej abstrakcyjne i "matematyczne". Historia fizyki dowodzi, że rozwój jej polegał na coraz bardziej konsekwentnej matematyzacji przyrody, tzn. jej przedmiotu badań. To właśnie postępująca matematyzacja doprowadziła do tego, że pojęcia fizyki stawały się coraz bardziej abstrakcyjne, a sama fizyka stawała się coraz bardziej matematyczna. Jednocześnie w związku z postępującą matematyzacją przedmiotu fizyki, zawartość jej teorii dawała się odczytywać w świetle tez metafizyki pitagorejsko-platońskiej, gdyż tylko ona podstawy ontyczne przyrody widziała w strukturach matematycznych. Proces ten jest tym bardziej wyraźny, jeżeli weźmie się pod uwagę fakt, że teorie odrzucone na gruncie fizyki, jak np. flogistonowa teoria ciepła czy teoria eteru, były próbą ominięcia konsekwencji matematyzacji.

Można zatem mówić o "programie badawczym" czy też "jądrze metafizycznym" i rozumieć przez to metafizykę, która znajduje się u podstaw fizyki, wyznacza kierunki jej badań, zapewnia logikę jej rozwoju oraz pozwala na realistyczną interpretację zawartości jej teorii. Określając charakter podstaw ontycznych przyrody wyznacza kierunek redukcji tego, co jest znajdowane w doświadczeniu do tego, co naprawdę jest.

Rozwój zatem byłby w pewnych ramach z góry określony i wyrażałby się poprzez postępującą matematyzację, tzn. poprzez coraz pełniejszą realizację tez metafizyki. Następujące po sobie teorie fizyczne posiadałyby tę własność, że ich apa-

rat pojęciowy byłby coraz bardziej abstrakcyjny, tzn. coraz bardziej matematycznie uwikłany. To zaś o czym mówią teorie, sam przedmiot badań fizyki, stawałby się coraz bardziej podobny do przedmiotu matematyki, gdyż taki charakter mają ostateczne realności przyrody w świetle metafizyki pitagorejsko-platońskiej.

Taki stan rzeczy wydaje się wynikać z analizy historycznej fizyki. Celem tego artykułu jest właśnie dokonanie takiej analizy, z której wynikałyby powyżej przedstawione konsekwencje.

## RYS HISTORYCZNY

### I. FIZYKA GALILEUSZA I NEWTONA

Centralnym problemem, jaki pojawił się w przyrodoznawstwie XVI i XVII w., była kwestia eliminacji jakości i związane z nią zagadnienie matematycznego ujmowania zjawisk. Rezygnując w opisie świata realnego z jakości siłą rzeczy ograniczamy się do ujmowania zjawisk jedynie w ich ilościowym aspekcie. Takie zaś stanowisko implikuje szerokie stosowanie matematyki do opisu realnego świata. Rezygnując z jakości w fizyce podważano pośrednio metafizykę Arystotelesa, która była *par excellence* "jakościowa" oraz restaurowano metafizykę pitagorejsko-platońską, która o wiele lepiej tłumaczyła realności odkrywane metodą matematyczną. Nowe prądy znalazły swój wyraz w próbach ilościowego - a zatem matematycznego - ujęcia zjawisk ruchu. Rozwiązanie tego problemu rozwijało mechanikę kosztem innych zagadnień fizycznych, takich jak : teoria zjawisk cieplnych czy elektrycznych.

Metody matematycznego ujmowania zjawisk astronomicznych poprzez prace Galileusza i Keplera stały się właściwe dla zjawisk typowo "ziemskich", jak ruch lokalny. W ruchach ziemskich i ciał niebieskich dostrzeżono wspólną własność - charakter matematyczny praw je opisujących. Dawny dualizm fizyki ziemskiej i niebieskiej został usunięty, a na jego miejsce pojawił się nowy: zjawiska w pełni uposażonego w korelaty zmysłowe i jego idealizacji, pozbawionego jakości modelu matematycznego. Prace Keplera, Galileusza i Newtona zawierały pewien program badania przyrody taki, że obraz świata wyłaniający się w miarę jego realizacji stawał się coraz mniej pogładowy, coraz dalszy "zdrowemu rozsądkowi" i coraz bardziej uwikłany w kontekst matematyki, a przez to w kon-

tekst metafizyki pitagorejsko-platońskiej.

Pierwszym punktem tego programu była redukcja jakościowego obrazu świata danego nam w doświadczeniu potocznym do abstrakcyjnego świata struktur matematycznych. Postulat ten został niejako "nieprogramowo" wcześniej zrealizowany w astronomii, gdzie dokonano redukcji danych obserwacyjnych do systemu struktur matematycznych: epicykły, deferensów, ekwantów i ekscentryków. Teraz realizowano go w mechanice, gdzie takie pojęcia jak: ciężkość, lekkość, miejsce naturalne, akt i potencja zastąpiono szeregiem abstrakcji matematycznych. "Principia mathematica" I. Newtona, ale bardziej "Mecanique analytique" J. L. Lagrange'a były zwieńczeniem tego dzieła. O ile jeszcze u Newtona występują pojęcia siły i masy mające konteksty zmysłowe a "matematyka" zjawisk jest właściwie ich "geometrią", o tyle już u Lagrange'a, a jeszcze wyraźniej u Hamiltona, nie ma już tych braków. W miejsce pojęcia siły wprowadzone jest pojęcie potencjału wolne od antropomorfizmu, a i masa jest już traktowana tylko jako parametr występujący w równaniach ruchu. Sama zaś "matematyka" zjawisk jest ich "algebrą" i "analizą", działami matematyki o wiele mniej przekładalnymi na język obrazów.

Sukcesy nowej mechaniki, jej wielka moc promocyjna, sprawiły, że całość zjawisk przyrody poczęto sobie tłumaczyć opierając się na jej zasadach. Wyrazem tych tendencji był mechanicyzm, który wcale nie był *signum temporis* nowożytnego przyrodoznawstwa, ale jego produktem ubocznym, czymś na kształt przerostu i deformacji. Słuszność tego stanowiska pokazuje z całą wyrazistością historia fizyki początków XX w. i fizyki współczesnej. Istotą bowiem nowożytnego przyrodoznawstwa nie jest mechanicyzm, ale matematyzacja przyrody i bezpośrednio z nią związany proces przechodzenia od myślenia obrazami i przez analogię do jednoznacznego myślenia nieobrazowymi pojęciami matematyki. Świat przyrody z całym jego bogactwem zjawisk stał się dzięki fizyce XVII i XVIII stulecia przejrzystym światem zjawisk mechanicznych. Jednakże już wówczas zdawano sobie sprawę z tego, że zjawiska mechaniczne nie są ostateczną realnością przyrody i że bardziej podstawowe od nich są struktury matematyczne.

## II. FIZYKA WIEKU XIX

Wiek XIX to przede wszystkim kształtowanie się pojęcia energii i związanej z nim zasady zachowania oraz roz-

wój badań nad elektrycznością. Zjawiska cieplne opisywane na gruncie teorii ciepłika usystematyzowano w termodynamikę fenomenologiczną, ale ta była nie do pogodzenia z programem redukcji zjawisk do mechaniki i matematyki. Formowanie się zaś pojęcia energii wewnętrznej i związanych z nim pojęciami funkcji stanu: entropii i entalpii, na tle odkrytych praw zwanych później pierwszą i drugą zasadą termodynamiki, stawiało termodynamikę fenomenologiczną poza głównym nurtem rozwoju fizyki.

Termodynamika fenomenologiczna a ściślej foogistonowa teoria ciepła w latach czterdziestych XIX w. została już nie tylko odsunięta z centrum na peryferie, ale w ogóle usunięta z zasadniczego korpusu fizyki. Stało się to na skutek odkrycia mechanicznego równoważnika ciepła i związanej z tym faktem eliminacji ze słownika fizyki pojęcia ciepłika. Konsekwencje były jednak o wiele głębsze; przede wszystkim dokonano sprawdzenia kolejnej klasy zjawisk do struktur mechanicznych. Program matematyzacji przyrody stał się faktem. To co wydarzyło się w fizyce w wieku XVIII nie było przypadkiem, ale głębszą konsekwencją tego, co wydarzyło się w wieku XVII. Fizyka XIX stulecia była tego potwierdzeniem.

Taki właśnie był podstawowy sens przejścia od termodynamiki fenomenologicznej do fizyki statystycznej Boltzmanna, Gibbsa i Maxwella. Dodatkowo interesujący wydaje się fakt, że mechanika statystyczna, będąca ostateczną teorią zjawisk cieplnych, jest teorią statystyczną podobnie jak mechanika kwantowa.

Pomysły pitagorejczyków, Demokryta i epikurejczyków sprowadzenia świata zjawiskowego do prostych elementów ruchu niezmiennych obiektów w pustej przestrzeni lub wprost do struktur matematyki znalazły w fizyce XIX w., a tym bardziej w fizyce współczesnej, swój najpełniejszy wyraz. Fizyka stawała się coraz bardziej zakotwiczona w metafizyce. W wieku XIX była to raczej metafizyka Demokryta i epikurejczyków, ale w miarę rozwoju coraz bardziej jasne stawało się, że jest to metafizyka pitagorejsko-platońska. Demokryt i Epikur byli na tej drodze zbyt mało radykalni i konsekwentni. Tak naprawdę bowiem ilościowe ujęcie zjawisk, ich redukcja do struktur matematycznych, jest nie do pogodzenia z atomizmem, jest to niekonsekwencja. Pojęcie atomu tak, jak to rozumiał Demokryt, Epikur czy nawet Newton zakłada, że jest to tylko

idealizacja i miniaturyzacja obiektów makroskopowych takich, jak np. kule bilardowe. Tak jednak być nie może, gdy chcemy być konsekwentni w procesie matematyzacji, wówczas bowiem obiektem podstawowym może być jedynie nierozciągła struktura matematyczna, taka jak np. "atomy" Platona. Radykalne bowiem zastosowanie matematyki do opisu świata realnego implikuje zmianę charakteru realności. Matematyka, obok podstawowej wydawało by się funkcji narzędzia i metody, odgrywa bardziej fundamentalną jednak funkcję ontologii. Konsekwentna matematyzacja świata przyrody wiedzie wprost do ontologizacji samej matematyki.

Odkrycie Faradaya, a właściwie jego intuicje teoretyczne dotyczące odmiennego od korpuskularnego ujęcia zjawisk fizycznych, spowodowało dalsze postępy matematyzacji przyrody. Podejście "polowe" do zjawisk elektrycznych było załącznikiem kolejnego sukcesu programu.

Badania nad elektrycznością prowadzone analogicznie do badań nad zjawiskami cieplnymi zaowocowały elektro- i magnetostatyką klasyczną, odpowiednikiem na gruncie zjawisk elektrycznych termodynamiki fenomenologicznej<sup>2</sup>.

Prace prowadzone w obszarze zjawisk cieplnych doprowadziły do redukcji ich do mechaniki, zaś prace nad elektrycznością i magnetyzmem doprowadziły najpierw do ich unifikacji by później doprowadzić do redukcji zjawisk optycznych i całej optyki do zjawisk elektromagnetycznych i elektrodynamiki.

Prawa Maxwella unifikowały bardzo rozległy obszar zjawisk fizycznych, ale przede wszystkim były teoretyczną odpowiednią identyfikacji światła z falą elektromagnetyczną, a przez to redukcji jakościowego świata zjawisk optycznych do matematycznych struktur równań elektrodynamiki. Obok ruchu i ciepła, światło i zjawiska z nim związane zostały matematycznie ujęte. W obliczu tak wielkich sukcesów rzeczą naturalną wydawał się pogląd, że osiągnięto już szczyt rozwoju i teraz można już tylko kontemplować piękno i monumentalizm tej budowli wzniesionej siłą ludzkiego geniuszu, tej świątyni rozumu, jaką była bez wątpienia fizyka ostatnich lat XIX w.

### III. CENTRALNE TEORIE FIZYKI WSPÓŁCZESNEJ A IDEA MATEMATYZACJI PRZYRODY

Cały ten gmach posiadał zbyt wiele rys i pęknięć by nie dało się tego zauważyć już w kilka lat później. Przede

wszystkim elektrodynamika zakładała istnienie eteru, a optyka i termodynamika ciągłość rozkładu takich wielkości fizycznych, jak energia. Jedno i drugie założenie okazało się niesłuszne. Mechanika zakładała pojęcie korpuskuły, która będąc cząstką nie może być falą, a jeżeli nie jest falą, to można przypisać jej trajektorię podczas ruchu. Takie pojęcia, jak czas i przestrzeń choć wkomponowane w struktury teorii fizycznych, a w dalszym ciągu pozostawały "intuicyjne" i mówienie o względności czasu, który inaczej płynie w różnych układach inercjalnych lub krzywiznie przestrzeni, której "geometria" w pobliżu wielkich mas z euklidesowej przechodzi w nieeuklidesową było burzeniem zasad "zdrowego rozsądku".

W całość zaś fizyce pozostawały niekwestionowane dogmaty głoszące możliwość /przynajmniej teoretyczną/ nieskończonej dokładności pomiarowej wielkości fizycznych i prostej zależności przewidywań teorii od danych doświadczenia. U fundamentów rzeczywistości miała zaś być cząstka na wzór korpuskuły Newtona.

To wszystko zostało najpierw zakwestionowane przez rozwój fizyki XX w., a następnie definitywnie odrzucone. Szczególna i ogólna teoria względności, teoria kwantów i teoria cząstek elementarnych to te teorie fizyki współczesnej, które doprowadziły do głębokiej rewizji pojęć fizyki XIX-wiecznej, a w efekcie do jej wielkich przeobrażeń.

Ta radykalna zmiana mająca tyle z rewolucji nie naruszyła jednak podstawowego principium fizyki - jej matematycznego charakteru. Nie tylko nie był to odwrót od matematyki, ale matematyzacja radykalna. Jeżeli rozpatrywać to, co się stało w fizyce początków XX w. i to, co się dzieje w fizyce współczesnej, to nieuchronnie dochodzi się do wniosku, że fizyka współczesna jest tylko zwieńczeniem programu matematyzacji przyrody i ścisłą kontynuacją fizyki wcześniejszej.

Czym było odrzucenie koncepcji eteru w STW, jak nie odchodzeniem od idei pogładowości na rzecz bardziej konsekwentnego stosowania matematyki do opisu realnego świata? Koncepcja eteru była tym samym co teoria ciepłika i jako taka musiała zostać usunięta z fizyki. Teorie flogistonowe były obecne jeszcze i w innych działach fizyki, takich jak elektryczność i magnetyzm, ale i z nich również zostały usunięte. Wszystkie te pomyłki w fizyce brały się z braku konsekwencji w stosowaniu aparatu matematycznego do opisu



świata realnego. Umysły nie mogły uwolnić się od obsesji poglądowości. Dochodzą do absurdu, przypisując owym hipotetycznym ośrodkom sprzeczne własności tylko po to, by ratować ich istnienie, potrzeba poglądowego przedstawiania zjawisk była silniejsza od racji rozumu by jednak w końcu im ulec. Matematyka raz zastosowana do opisu świata realnego musiała doprowadzić do trwałych przeobrażeń ontycznych struktur przyrody.

### 1. Szczególna i ogólna teoria względności

Nadszedł chyba właściwy moment, aby przyjrzeć się z bliska centralnym teoriom fizyki współczesnej, by w szczegółach odnaleźć te wszystkie elementy, o których była mowa powyżej. Niewątpliwie ważne miejsce w fizyce współczesnej zajmują STW I OTW; ze względu na to, że teorie te są wcześniejsze od mechaniki kwantowej i teorii cząstek elementarnych to właśnie od nich należy rozpocząć analizę.

Sytuacja, jaka wytworzyła się pod koniec XIX w. w elektrodynamice, była bardzo niekorzystna. Z jednej strony teoria ta święciła coraz większe sukcesy ustawicznie poszerzając pole swoich zastosowań, z drugiej zaś strony jej podstawowe równania nie były zachowane w transformacjach Galileusza. Znaczyło to, że prawa przyrody nie są uniwersalne.

Równania Newtona poprzez transformacje Galileusza były prawdziwe we wszystkich układach inercjalnych, w przypadku zaś równań Maxwella trzeba było stosować nowe transformacje - Lorentza. Te nowe transformacje wymagały z kolei modyfikacji równań mechaniki Newtona. Powstał dylemat: albo równania Newtona są prawdziwe, a zasada względności niesłuszna, albo odwrotnie. Einstein i Lorentz przyjęli tę drugą ewentualność. Wiązała się z nią nie tylko modyfikacja równań mechaniki Newtona, ale również odrzucenie wielu niekwestionowanych dogmatów jak absolutny sens pojęcia równoczesności czy niezmienniczość czasu i długości prętów pomiarowych w poruszających się układach inercjalnych. Wraz z nimi odrzucono dogmat najściślej związany z fizyką - koncepcję eteru. Można by przypuścić, że to negatywny wynik doświadczenia Michelsona-Morley'a przyczynił się do odrzucenia hipotezy eteru, nie to jest jednak ważne. Liczy się jedynie to, że z fizyki została usunięta ostatni z fluidów. Od tej pory niepotrzebny był już nośnik fali elektromagnetycznej, jej realność i wszyst-

kie własności można było odnaleźć w matematycznych strukturach równań Maxwella. Jeszcze raz przekonano się, że poglądowność w fizyce jest nie tylko niepotrzebna, ale wręcz zbędna i szkodliwa. Taki był zasadniczy sens odrzucenia w fizyce hipotezy eteru. Jednakże sens ten ujawnia się dopiero wówczas, kiedy przyjmiemy założenia dotyczące charakteru poznania fizycznego przedstawione powyżej. Wraz z odrzuceniem koncepcji eteru trzeba było z fizyki usunąć jeszcze pojęcie absolutnej równoczesności, ideę absolutnego ruchu i spoczynku oraz absolutny czas i przestrzeń. Odrzucano kolejne intuicyjne i poglądowe pojęcia, by na ich miejsce wprowadzić stałą wartość prędkości światła we wszystkich układach inercjalnych i konsekwencje tego stanowiska: dylatację czasu i skrócenie długości prętów pomiarowych oraz zależność masy ciała od prędkości.

Rewolucyjność szczególnej teorii względności brała się stąd, że burzyła dane "zdrowego rozsądku", który był niczym innym, jak tylko sposobem na nieuzasadnione tolerowanie pojęć o charakterze poglądowym. Od czasów STW nie można już było tego robić. Przykładem niech będzie newtonowskie pojęcie masy jako *quantitas materiae*. Skoro jej wielkość zależy od prędkości i nie może być niezmienna, to nie może być miarą ilości jakiegś pierwotnej materii. W ogóle nie sposób jest mówić o materii jako tworzywie świata. Innym pomostem w pojęciu masy łączącym go z poglądownością był "opór" występujący w jej definicji. Rozumując przez analogię do oporu, jaki musimy pokonywać wysiłkiem mięśni, można było sobie wyrobić poglądowy obraz pojęcia masy, obecnie było już to niemożliwe.

Identycznie sprawy się miały z pojęciami czasu i przestrzeni. Dawne oglądowe pojęcia zostały zamienione na matematyczne abstrakcje. Nie trzeba było już sobie wyobrażać ani czasu, ani przestrzeni; wystarczy, że z ich pomocą możemy policzyć przyszłe stany układów i porównać je z doświadczeniem. Podobny sens miała eliminacja z języka fizyki pojęcia absolutnej równoczesności zdarzeń. To intuicyjnie oczywiste pojęcie okazało się w świetle zasady względności nie mieć żadnego pozytywnego sensu. Okazało się, że matematycznie ujęte zjawiska fizyczne nie wykazują żadnych własności odpowiadających idei: eteru, absolutnego spoczynku czy absolutnej jednoczesności.

Ogólna teoria względności była tylko radykalizacją programu zawartego już w szczególnej teorii względności. W świetle

jej zasad geometria świata nie jest geometrią euklidesową, ale jakąś geometrią nieeuklidesową, krzywoliniową. Burzyło to w poważnym stopniu ukształtowaną i trwającą już od ponad dwóch wieków tradycję interpretowania przestrzeni fizycznej jako "zrealizowanej" geometrii euklidesowej.

Idee Gassendiego i Galileusza zastosowane przez Newtona okazały się za mało radykalne do realizacji programu matematyzacji przyrody. Nie wystarczyło przyjąć, że przestrzeń fizyczna to tylko zrealizowana geometria Euklidesa. Żądania większej ścisłości i spójności przy opisie zjawisk fizycznych za pomocą aparatu matematycznego posunęło dalej proces unifikacji zjawisk i pojęć. Za cenę całkowitej eliminacji pogładowości osiągnięto wielką przejrzystość, precyzję i ujednoczenie zjawisk przyrody. Masę już można było sobie tłumaczyć jako produkt zakrzywienia przestrzeni, niepotrzebny był już żaden materialny substrat, materię sprowadzono do geometrii. Nie był to jedyny moment realizujący powyższe tendencje. Warto zwrócić uwagę na maksymalne przesunięcie weryfikacji tej teorii przez dane doświadczenia. Jeszcze w przypadku teorii Newtona obserwowane krzywoliniowe ruchy ciał niebieskich /hiperbole czy elipsy/ znajdowały wyjaśnienie w rozwiązaniach równań mechaniki czy inaczej: równania Newtona znajdowały swoje obserwacyjne konsekwencje w obserwacjach astronomicznych. W ogólnej teorii względności dystans pomiędzy tym, co wyjaśniamy, a tym za pomocą czego wyjaśniamy jest większy. Sprawdzając np. przesunięcie peryhelium Merkurego czy przesunięcie ku czerwieni fotonu w ziemskim polu grawitacyjnym obserwujemy o wiele dalsze konsekwencje. Związek pomiędzy tym, co "oglądamy", a tym za pomocą czego "wyjaśniamy" to co "oglądamy", rozluźnia się, a ściśle biorąc zwiększa się dystans pomiędzy tym, co bezpośrednio dane, a tym co jest jego eksplanacyjną realnością.

## 2. Mechanika kwantowa

Obraz fizyki w pierwszych latach XX w. był bardzo niejednorodny. Z jednej strony podstawowe teorie fizyki klasycznej, takie jak: mechanika newtonowska, elektrodynamika czy mechanika statystyczna, wydawały się być zamknięte, zaś z drugiej nowe idee wyrosłe na gruncie STW i OTW oraz rodzącej się teorii kwantów sugerowały daleko idące przeobrażenia podstawowych pojęć. Z punktu widzenia twórców mechaniki kwan-

towej być może trudno było dostrzec kierunek zmian, ale patrząc na to dziś kierunek zmian był oczywisty: eliminacja reliktywów poglądowności z fizyki oraz większy jeszcze udział aparatu matematycznego i to nowych teorii matematycznych.

Badania rozpoczęte nad strukturą atomu przez Rutherforda oraz nowe idee Plancka znalazły swój wyraz w teorii atomu Bohra. Nowa fizyka, która dopiero powstawała w latach dwudziestych i trzydziestych w szkole kopenhaskiej stawiała się coraz pełniejszą realizacją programu matematyzacji przyrody. Zmiany, jakie się pojawiły wraz z teorią kwantów, okazały się jedynie spełnieniem postulatów tego programu.

Próbując uchwycić rzeczywistość molekularną fizycy konstruowali bardzo różnorodne modele matematyczne, ale żaden nie mieścił się w ramach fizyki klasycznej, potrzeba była głębszych zmian. Okazało się, że pojęcie toru ciała mikroskopowego traci sens fizyczny, samo pojęcie korpuskuły stawiało się niejasne w obliczu dualizmu falowo-korpuskularnego. Najbardziej jednak zaskakująca okazała się Heisenberga zasada nieoznaczności.

Spółród różnych ujęć autor pragnęby zwrócić uwagę na następujące: zasada nieoznaczności jest twierdzeniem fizyki, którego słuszności można efektywnie dowodzić jedynie na poziomie mikroskopowym. Można by się spytać: czemu w umysłach fizyków nie pojawiła się podobna idea w ramach fizyki klasycznej? Przecież posługiwano się i to już od dawna na jej terenie pojęciem korpuskuły i jasnym było, że pod makroskopowym obrazem kryje się głębszy i ontycznie bardziej podstawowy obraz mikroskopowy. Odpowiedź wydaje się następująca: fizycy nie mogli bądź nie chcieli zrezygnować z idei poglądowności. Korpuskuła fizyki klasycznej była tylko zminiaturyzowaną idealizacją kuli bilardowej, o tyle jej pojęcie było jasne, o ile wiązało się z tymi wyobrażeniami. Posiadała ona masę, pęd momentu pędu, sprężystość, czyli wszystko to co posiadają rzeczywiste ciała makroskopowe. Poruszając się mogła posiadać tor ruchu, a w każdej chwili, przynajmniej teoretycznie, możliwe było dokładne zmierzenie jej prędkości i położenia. Te wszystkie własności zaczerpnięte ze świata makroskopowego rzutowano na świat mikroskopowy, ale okazało się, że niesłusznie. Próbując uchwycić za pomocą języka matematyki zjawiska na poziomie mikroskopowym dochodzono do wniosku, że zgodność przewidywań z teorią można uzyskać jedynie wówczas,

kiedy zrezygnuje się z tych wszystkich wyobrażeń, albo przy-  
najmniej dokona się daleko idącej ich modyfikacji. Okazało  
się, że trzeba zbudować nową teorię korzystając z nowych dzia-  
łań matematyki, jak Hilberta teoria przestrzeni czy teorii  
grup. Ta nowa fizyka i nowa matematyka miały wiele wspólnego:  
nowa fizyka stawiała się coraz bardziej matematyką w dawnym te-  
go słowa rozumieniu, a nowa matematyka - ontologią. Uświado-  
miono sobie, że tak naprawdę to przyczyną tego, co obserwujemy,  
nie jest coś na podobieństwo "tego co obserwujemy", tzn.  
jakiejś "materialności", ale coś na podobieństwo tego za po-  
mocą czego wyjaśniamy obserwacje, tzn. struktur matematyki.  
Już w 1913 r., twórca mechaniki kwantowej N. Bohr pisał:

"Model atomu zaproponowany przez Rutherforda stawia przed  
nami zadanie przypominające stare marzenia filozofów: do-  
prowadzić interpretację praw natury do rozważania czystych  
liczb"<sup>3</sup>;

a w 1917 roku D. Hilbert sugerował:

"Łatwo dostrzec, że kilka prostych założeń wystarczy do  
zbudowania teorii [..]. Między innymi, musi być możliwa  
redukcja wszystkich stałych fizycznych do stałych  
matematycznych, gdyż tylko wtedy z fizyki mogłaby się  
rozwinąć nauka w rodzaju geometrii"<sup>4</sup>.

Jak widać z powyższych cytatów już stosunkowo wcześniej uświa-  
domiono sobie, w jakim kierunku zmierza fizyka, nieuświadomia-  
no sobie chyba tylko tego, że fizyka zmierzała w tym kierunku  
od samego początku, od Keplera, Galileusza i Newtona.

Teza pitagorejczyków, że wszystkie rzeczy są liczbami,  
znalazła doskonałą ilustrację w postaci fizyki współczesnej.  
Jeżeli tak właśnie spojrzymy na historię fizyki to okaże się,  
że to nie przypadek sprawił, że to właśnie pitagorejczycy pierw-  
si dostrzegli możliwość świata heliocentrycznego. To również  
pitagorejczycy dostrzegli pierwsi kulisty kształt Ziemi. Możli-  
we to wszystko było dlatego, że to właśnie pitagorejczycy  
sformułowali program matematyzacji przyrody, a tylko on po-  
zwalał na formułowanie twierdzeń o świecie będących w tak  
ostrej sprzeczności z danymi bezpośredniej obserwacji.

Platon postulował geometryzację przyrody. Nie odbiega  
to zbyt od bardziej ogólnej idei matematyzacji, ale o ty-  
le jest niekonsekwentne, o ile geometria jest za bliska obraz-  
zom. Już bliższa jest algebra, ale jeszcze bliżej leży typ-

logia. Ideę algebraizacji przyrody powzięli również pitagorejczycy, ale jej nie rozwinęli, dokonało się to dopiero na gruncie fizyki nowożytnej. To dopiero mechanika Lagrange'a i Hamiltona stała się realizacją tego programu. Tymczasem twórcy teorii kwantów dostrzegli bardzo szybko całe bogactwo jej konsekwencji.

Wolfgang Pauli pisał:

"We wcześniejszej fizyce zajmującej się powłoką atomu można było jeszcze brać za punkt wyjścia poglądowe obrazy wywodzące się z repertuaru fizyki klasycznej. Zasada korespondencji Bohra orzeka właśnie o ograniczonej stosowalności takich obrazów. Ale i w przypadku powłoki atomu opis matematyczny tego, co się dzieje, jest znacznie bardziej abstrakcyjny od obrazów. Można nawet tej samej, rzeczywistej sytuacji przypisywać zupełnie różne, sprzeczne ze sobą obrazy, takie jak cząstkowy i falowy.

W fizyce cząstek elementarnych obrazy takie do niczego się nie przydają. Fizyka ta jest jeszcze bardziej abstrakcyjna. Dla sformułowania praw przyrody w tej dziedzinie nie będzie chyba innego punktu wyjścia niż własności symetrii urzeczywistnione w przyrodzie lub mówiąc inaczej, operacje symetrii /np. przesunięcia i obroty/, które dopiero rozpinają przestrzeń przyrody. Wtedy jednak dochodzimy do nieuniknionego pytania, dlaczego istnieją właśnie te operacje symetrii a nie inne"<sup>5</sup>.

Jak widzimy coraz pełniej zaczęto sobie uświadamiać charakter mechaniki kwantowej i ogólniej - fizyki mikroskopowej. Wystarczy w tym miejscu dodać, że w świetle założeń niniejszego artykułu wszystkie te spostrzeżenia nabierają dodatkowego sensu: są potwierdzeniem tez zawartych we wstępie.

### 3. Teoria cząstek elementarnych

Historia odkryć cząstek elementarnych jest historią pełną rozczarowań. Bynajmniej rozczarowania nie biorą się stąd, że czegoś odkryć nie zdołano, chodzi z reguły o to, że odkrywano o wiele więcej niż chciano odkryć. Bardzo przejrzysta sytuacja, jak była jeszcze w latach trzydziestych, została już w latach pięćdziesiątych radykalnie zmieniona. Od tej pory problem ustawicznie się powtarza: ilekroć teoria daje okre-

ślona liczbę cząstek, odkrywane są dodatkowe cząstki, których istnienie wymaga zmiany teorii.

Ten stan rzeczy w poważnym stopniu został zmieniony w momencie pojawienia się teorii kwarków Gell-Manna i Zweiga. Schemat, który zaproponowali ci dwaj uczeni, okazał się mieć tę zaletę, że pozwalał na umieszczanie kolejno odkrywanych cząstek bez zasadniczej modyfikacji samej teorii.

Ogólnie biorąc cząstki elementarne pogrupowano w ten sposób, że można by je traktować jako stany wzbudzone pewnego stanu podstawowego analogicznie do stanów wzbudzonych atomu czy jądra atomowego. Kwarki będąc tworcami elementarnymi są właściwie abstrakcjami matematycznymi. Dokładnie mówiąc są to obiekty, których złożenie dawało by obserwowane cząstki "elementarne" takie jak proton, neutron czy elektron.

Cząstki elementarne w pełni charakteryzują się poprzez swoje liczby kwantowe, tj. spin, izospin, dziwność. Można by nawet powiedzieć, że są to po prostu kompozycje liczb kwantowych. W przypadku poszczególnych liczb kwantowych można budować odpowiadające im przestrzenie abstrakcyjne, po to by badać w nich transformacje. Budując np. przestrzeń spinu czy dziwności możemy badać w tej przestrzeni niezmienniczość pewnych transformacji. Tym sposobem tworzymy pewne grupy symetrii określonych transformacji /obrotów, translacji/ w danej przestrzeni abstrakcyjnej. Okazuje się, że cząstki elementarne np. hadrony można uporządkować przyjmując, że są to multiplety SU /3/. W przypadku mezonów są to tylko singlety i oktuplety, a w przypadku barionów są to: singlety, oktuplety i dekuplety. Innych multipletów przyroda nie realizuje. Najbardziej charakterystyczną cechą teorii kwarków jest to mianowicie, że obserwowalne cząstki konstruuje się z nieobserwowalnych tworców matematycznych. Tym sposobem to co naprawdę fundamentalne byłoby nigdy nieobserwowalne, a jedynie ujmowalne myślą matematyczną. Pozostaje jeszcze interesujący problem elementarności. Co należy uznać za elementarne?

Można by przypuszczać, że cząstka elementarna to taka, która dalej już się nie dzieli oraz taka, która jest trwała, tzn. nieoddziałując zachowuje swoją tożsamość. Tak jednak sformułowana elementarność nie może być zastosowana do cząstek elementarnych, gdyż są takie cząstki jak np. proton, który będąc jednocześnie cząstką trwałą przy rozpadzie ujawnia złożoną strukturę. Poza tym sama energia może być zużyta

do budowy nowej cząstki, jak to się dzieje w przypadku zderzeń wysokoenergetycznych. Tym sposobem pojęcie elementarności w dotychczasowym rozumieniu traci swój sens podstawowy. Naprawdę elementarne okazują się być cząstki, których nie można bezpośrednio zaobserwować, jedynie one fundują ostateczne realności a znaczy to tyle, że to co naprawdę realne nie może być zaobserwowane, a jedynie wyrażone w strukturach matematyki i dopiero w ten sposób "dostrzeżone". Jeżeli przyjmiemy zaś, że kwarki mają tę samą naturę co inne cząstki elementarne to natrafimy na wiele trudności. Przede wszystkim potrzebna jest nieskończona energia do uwolnienia kwarku z wnętrza hadronu. Następnie natrafimy na wiele zaskakujących właściwości tych obiektów jak np. ułamkowy  $\sqrt{1/3}$  ładunek elektryczny. Prościej jest przyjąć wprost, że są to obiekty nieobserwowalne ze swej istoty, gdyż są to tylko abstrakcyjne twory matematyczne. Tym sposobem teza pitagorejczyków, że "wszystkie rzeczy są liczbami" znalazłaby swoją naukową egzemplifikację.

Podsumowując nasze rozważania należy stwierdzić, że w historii fizyki bardzo wyraźnie jest zaakcentowana tendencja eliminowania poszczególnych pojęć oraz teorii opartych na tych pojęciach, które są zakorzenione w poglądowości i myśleniu obrazowym. Tendencja ta jest konsekwencją stosowania matematyki do opisu świata realnego. Matematyka będąc dziedziną wiedzy ze swej istoty pozbawioną poglądowości i domagającą się usuwania jej resztek ze swoich struktur, siłą rzeczy musiała doprowadzić do usunięcia poglądowości z fizyki. Proces ten przebiegał pod postacią z jednej strony zwiększania udziału samej matematyki w fizyce, co wyrażało się w programie matematyzacji przyrody, z drugiej zaś zmiany charakteru ostatecznych realności. Fizyka na początku swojego rozwoju wydawała się stosować matematykę do opisu czegoś, co jest od matematyki różne i niezależne, zaś obecnie jest tak, że fizyka zatraciła swój pierwotny przedmiot badań. Jeżeli bowiem ostateczne realności przyrody mają mieć postać kwarków to są to obiekty matematyczne.

Redukując świat zjawisk makroskopowych do zjawisk mikroskopowych dokonuje się równocześnie redukcji świata danego w doświadczeniu potocznym do struktur matematycznych. Ścisłe biorąc redukuje się świat dostępny za pomocą metod empirycznych do świata obiektów idealnych, do których dostęp ma jedy-



nie myśl abstrakcyjna.

Taki kierunek redukcji i jej wynik jest zagwarantowany w programie badawczym, jakim jest uwikłana w struktury fizyki metafizyka pitagorejsko-platońska. Można zatem powiedzieć, że rozwój fizyki to realizacja tego programu. Jeżeli zaś rzeczywiście tak jest, to takie pojęcie jak "rozwój" zyskuje nowy sens jako wyznacznik kursu rzeczywistości historycznej. Obecny stan centralnych teorii fizyki współczesnej wydaje się potwierdzać ten punkt widzenia.

#### PRZYPISY

<sup>1</sup> S. A m s t e r d a m s k i. Między doświadczeniem a metafizyką. Warszawa 1973 s. 236, 238.

<sup>2</sup> Elementem wspólnym była koncepcja fluidów, był nim ciepłik, ale również elektryczność. Różnice sprowadzały się do tego, że w przypadku badań nad elektrycznością i magnetyzmem aparat matematyczny był bardziej zaawansowany niż w termodynamice fenomenologicznej.

<sup>3</sup> Cyt. za: L. N. C o p e r. Istota i struktura fizyki. Warszawa 1975 s. 516.

<sup>4</sup> Cyt. za: G. B i a ł k o w s k i. Stare i nowe drogi fizyki. T. 3. Warszawa 1985 s. 445.

<sup>5</sup> Cyt. za: W. H e i s e n b e r g. Część i całość. Tłum. K. Napiórkowski. Warszawa 1987 s. 290, 291.

#### METAPHYSICAL IMPLICATIONS OF NATURE MATHEMATIZATION

##### S u m m a r y

The development, essence, progress and origin of modern experimental science are the Central and most widely discussed problems of philosophy and history of science. The article entitled "Metaphysical implications of mathematization of nature" is aimed to be a contribution to the ongoing discussion. It also attempts to suggest certain solutions to the problems. Basing on the novel interpretation of fundamental facts in the history of physics, the author wishes to determine the essence of physics on the one hand, and to point to the possible criteria of development of the science on the other.

When we consider the following facts from the history of physics: the rejection of the hypothesis of philogiston, the theory of ether and the elimination of all demonstrative concepts in favour of more abstract concepts, coupled with the progressive mathematization, we see that the essence of the science seems to lie in its mathematical character and its development is determined by the progressive mathematization of its objects. This viewpoint is confirmed by the analysis of the basic theories of present-day physics: the general and special theory of relativity, the theory of quantum mechanics and the theory of elementary particles.

Notice that the adoption of the thesis of the progressive mathematization of nature implies another thesis, i.e. the process of mathematization is a realization of a more fundamental program of reducing the qualitative picture of the

world to the abstract world of mathematical structures. This program seems to be nothing else than a reformulated Pythagorean-Platonic metaphysics. The history of physics seems to confirm the thesis of the metaphysical core of physics. At the same time, it becomes more logical and understandable. The shape and the content of the central theories of present-day physics supply the best examples of such a viewpoint.