

Roman Matuszewski

Copyright © Roman Matuszewski

(niniejsza **Wersja informacyjna**, będąca raczej zwiastunem, miejscami szkicem,
może być dowolnie rozprowadzana, np. przez internet, bez wprowadzania zmian lub pobierania opłat)

www.metanauka.pl; romat@metanauka.pl

Świat fizyki a rzeczywistość

*Nasze pojęcia nie mówią o porządku istniejącym w Naturze;
mówią o porządku, który ażeby móc myśleć o niej, narzucamy Naturze*
Władysław Natanson

Poznań, kwiecień 2012

Wersja informacyjna

Spis treści

1. Przedmowa	7
2. Wprowadzenie	12
3. Dwa korzenie fizyki nowożytnej	24
Kreatywny umysł	24
Holizm poznawczy.....	24
Teorie empiryczne i docelowe	25
Aktywność przetwarzająca.....	27
4. Podstawy teorii poznania i poznawania	30
Wprowadzenie.....	30
Pytanie podstawowe	32
Zrozumieć zrozumiałość świata.....	33
Zrozumiąły świat fizyki a rzeczywistość.....	34
Pojęcie wydobywania zrozumiałego świata z rzeczywistości.....	34
Poznawanie jako wydobywanie zrozumiałego świata	36
Meta-fizyczny aspekt teorii poznania.....	38
Pojęcie prawdy a nauki przyrodnicze	39
Prawda bezwzględna w naukach przyrodniczych.....	39
Poprawność poznawcza w naukach przyrodniczych	40
Akt poznania	41
Aprioryczne jądro aktu poznania	41
Sprawdzalność empiryczna wiedzy <i>a priori</i>	42
5. Władze poznawcze człowieka a forma świata fizyki	44
Forma świata fizyki	44
Intuicja w poznawaniu przyrody	46
Pojęcie wglądu.....	47
Zrozumienie i wiedza realna	49
Przejawy wglądu	50

Umysł człowieka	51
O tym, co nieuchwytnie z umysłu	51
Świadomość jako zafalowanie oceanu umysłu	53
Duch i rozum.....	54
Podobieństwa i różnice	54
Duch, rozum i dialektyka	55
Duchowość jako forma swobodnej twórczości	57
Logika i przyczynowość	58
Logika naturalna	58
Przyczynowość.....	61
Zmysłowość zewnętrzna	63
Jakości zmysłowe pierwotne i wtórne.....	63
Zasada redukcji jakości wtórnych do pierwotnych.....	64
6. <i>Pas graniczny pomiędzy duchem a materią</i>	66
7. <i>Jakości zmysłowe a fizyka i matematyka</i>	68
Fizykalna redukcja jakości wtórnych do pierwotnych.....	68
Zakotwiczenie matematyki	71
Matematyka a fizyka.....	72
8. <i>Powstanie fizyki nowożytnej</i>	75
Wprowadzenie.....	75
Arystoteles o ruchu ciał	75
Wiedza bezpośrednia, dotycząca ruchu	75
O ruchu, w kontekście metafizyki Arystotelesa	78
Kopernik i Kepler	80
Mikołaj Kopernik (1473-1543)	80
Immanuel Kant a Kopernik	81
Johannes Kepler (1571-1630).....	81
Galileo Galilei (Galileusz) - 1564-1642.....	83
Wczesne poglądy Galileusza na ruch.....	83
Galileusz a Arystoteles	84
Intuicja nowej fizyki	84
Próba rekonstrukcji teorii Galileusza.....	85

Czy teoria Galileusza była empirycznie potwierdzalna?	86
Skąd koncepcja próżni w teorii Galileusza?	86
Niezgoda Galileusza na elipsy Keplera.....	87
Fizyka a matematyka wg Galileusza	87
Kilka uwag na marginesie tzw. transformacji Galileusza.....	87
Giordano Bruno i Blaise Pascal. Nieskończoności w fizyce	88
Początki zasady kosmologicznej.....	88
Nieskończoności matematyczne a czas i przestrzeń.....	89
Nieskończony czas.....	89
Nieskończona przestrzeń.....	90
Matematyczne źródła zasady kosmologicznej a rzeczywistości fizyczne	91
Nieskończoność w głąb	92
Robert Hooke i Izaak Newton. Powstanie i natura mechaniki klasycznej	93
Stan mechaniki ok. 1660 r.....	93
Robert Hooke (1635-1703).....	94
Izaak Newton (1643 - 1727) i mechanika klasyczna	94
Istota mechaniki klasycznej	97
9. <i>Rozwój fizyki makroświata</i>	99
Rozwój idei, dotyczących natury światła.....	99
Termodynamika fenomenologiczna	101
Elektryczność i magnetyzm	103
Wprowadzenie.....	103
Elektro i magnetostatyka.....	104
Prąd elektryczny	104
Sprowadzenie magnetyzmu do prądu elektrycznego	105
Michael Faraday: „Przetworzyć magnetyzm w elektryczność”	107
Elektrodynamika Maxwella.....	109
Istota elektrodynamiki klasycznej	109
Światło jako fala elektromagnetyczna.....	111
10. <i>Teorie względności</i>.....	113
Szczególne teorie względności (STW)	113
Wprowadzenie.....	113
Podstawowe postulaty STW	114
Pewne naturalne konsekwencje braku eteru i wyróżnionych układów odniesienia	115

Czy i jak możliwe są prędkości, większe od światła?	119
Ogólna teoria względności (OTW)	120
Moment zrozumienia	120
Istota OTW	121
Dlaczego Einstein bezgranicznie wierzył w poprawność OTW?	122
Wszechświat a umysł	122
11. <i>Forma związku makro i mikroświata fizyki</i>	126
Wstępnie o związku świata makro i mikro	126
Atomizm naiwny i współczesny	126
Realność mikroobiektów	128
Teorie fenomenologiczne a jakości zmysłowe	130
Jak umysł wnika do wnętrza "czarnej skrzynki"?	131
12. <i>Zasada zachowania energii i model gazu doskonałego</i>	134
13. <i>Powstanie i status mechaniki kwantowej</i>	140
Wprowadzenie	140
Elektron	141
Promieniowanie ciała doskonale czarnego	144
Efekt fotoelektryczny	144
Powstanie i rozwój współczesnej koncepcji atomistycznej	146
Percepcja hipotezy kwantów światła	147
Rozstrzygające ustalenia	148
Mechanika kwantowa Heisenberga i Schrödingera	149
14. <i>Mechanika kwantowa a rzeczywistość</i>	152
Więzy empirii bezpośredniej	152
Jak radzić sobie z tym, co jest?	153
Mechanika kwantowa jako winda z otchłani rzeczywistości niezależnej	156
Status mechaniki kwantowej	158
15. <i>Formy świata fizyki</i>	160

Czyste formy makroświata	161
Forma sprowadzenia teorii fenomenologicznej do podstawowej	163
Forma redukcji jakości wtórnych do pierwotnych	165
Ciągłość albo ziarnistość wnętrza „czarnej skrzynki”	166
Forma istnienia mikroobektu fizyki.....	167
16. Zakończenie	169
17. Bibliografia	171

1. Przedmowa

Prezentowana w tej książce koncepcja stosunku świata fizyki do rzeczywistości jest pewną próbą pogłębienia filozoficznych myśli Władysława Natansona (1864-1937), wielkiego polskiego fizyka, myśliciela i publicysty okresu przedwojennego. Wydaje się także, że równocześnie jest specyficzną explikacją pewnych ważnych intuicji fizyków takich, jak na przykład Niels Bohr, Albert Einstein czy Richard Feynman.

W niniejszej *Przedmowie* chciałbym unaocznić istotę i wagę myśli filozoficznej Władysława Natansona oraz pewien możliwy sposób rozwinięcia i pogłębienia tych myśli.

Władysław Natanson napisał wiele esejów, głównie dotyczących historii nauki. Zebrał je Arkadiusz Piekara w książkę pt. *Wspomnienia i szkice*.¹ Sylwetkę i dorobek naukowy Wł. Natansona przedstawił prof. Bronisław Średniawa w artykule: *Władysław Natanson, fizyk, który wyprzedził swoją epokę...*²

Wprawdzie to Władysław Natanson zainspirował mnie, lecz ważną podstawą rozważań czynię także pewne twierdzenia "kopernikańskiej" metafizyki Immanuela Kanta (jak on sam określa swoją filozofię w *Krytyce czystego rozumu*), wykorzystując je w sformułowaniach i kontekstach bardziej "galilejańsko-newtonowskich".

W książce przedstawiam nietypową, choć - jak się wydaje - całościową i spójną teorię stosunku świata fizyki do rzeczywistości. Wierzę, że niektóre treści tutaj zawarte mogą okazać się istotnym uzupełnieniem wszelkich dotychczasowych ujęć tego rodzaju problematyki.

Natanson pisał: "Poznać, co jest, i poznać, jak jest; w tym streszcza się zadanie całej nauki." [s. 44; w nawiasach kwadratowych podaje stronę z książki *Wspomnienia i szkice*, na której można znaleźć cytowaną wypowiedź Natansona] Jednakże może być tak, że "...nasze pojęcia nie mówią o porządku istniejącym w Naturze; mówią o porządku, który ażeby móc myśleć o niej, narzucamy Naturze." [s. 327] Przy czym: "Każda nauka jest przeciw próbą, jest doświadczeniem, które pokolenia wykonały nad zrozumiałością natury." [s. 148]

Immanuel Kant w *Krytyce czystego rozumu* napisał: „Galileusz stoczył kule po pochyłej płaszczyźnie z szybkością, którą sam wyznaczył, Torricelli kazał powietrzu utrzymać ciężar, który sam z góry obliczył, twórcy chemii wedle własnego planu ujmowali i zwracali metalom poszczególne składniki; wtedy pojęli, że *rozum to tylko rozumie, co*

¹ Władysław Natanson, *Wspomnienia i szkice*, Wydawnictwo Literackie, Kraków 1977 r

² Bronisław Średniawa, *Władysław Natanson, fizyk, który wyprzedził swoją epokę (w sześćdziesięciolecie śmierci i w setną rocznicę publikacji pracy o prawach zjawisk nieodwracalnych)*. Kwartalnik Historii Nauki i Techniki nr 42/1997 s. 3-22.

sam wytwarza wedle własnej inicjatywy [podkreślenie – RM]”.

Widoczne jest pewne podobieństwo myśli Natansona i Kanta. Natanson twierdzi na przykład, że "...nasze pojęcia (...) mówią o porządku, który ażeby móc myśleć o niej, narzucamy Naturze.", zaś Kant konkluduje, że "...rozum to tylko rozumie [z Natury - RM], co sam wytwarza wedle własnej inicjatywy."

Władysław Natanson powiązał fizykę z filozofią w nową jakość (czego chyba, jak dotąd, żaden z filozofów nie zauważył). Pisał:

"Gdy zajmujemy się fizyką, celem naszym nie jest wykonywanie doświadczeń lub przedsięwzięcie pomiarów; celem naszym nie jest układanie wzorów i równań lub prowadzenie rachunków. *Celem naszym jest wówczas poznanie stopnia możliwości, którą obdarzeni jesteśmy, ujmowania prawidłowości w zjawiskach Natury* [podkreślenie – RM]."[s. 51]

Zauważał, że "Nauka ludzka jest skrępowana, jest ograniczona, ale niepodobna powiedzieć, gdzie mianowicie jej ograniczenie przypada." [s. 329] A także że "...nauka będzie kiedyś zjednoczoną analizą jednego jedynego faktu: poznawania ludzkiego." [s. 404]

Chcemy wiedzieć, co i jak jest. Jakże jednak możemy mieć pewność naszej wiedzy, gdy nie wiemy, jak funkcjonują nasze władze, takie jak umysł, rozum, intelekt, zmysły, w poznawczych odniesieniach do przyrody?

Natanson sądził, że: "Cała nauka ludzka będzie zapewne w przyszłości jednolitą nauką o wrażeniach zmysłowych człowieka, z nich i tylko z nich nieuchronnie, bez uprzedzeń, bez złudzeń, bez dowolnych założeń płynącą." [s. 420] Jednakże fizyka nowożytna, powstając wprawdzie pod kontrolą zmysłów, nie ma w swej treści bezpośrednich wrażeń zmysłowych. Jak pisał fizyk David Park: "Żadna z wielkości, występujących w dzisiejszych podstawowych teoriach fizycznych, nie jest obserwowalna zmysłowo."³ Podejmując problem natury wiedzy fizycznej i jej stosunku do rzeczywistości trzeba - oprócz zmysłowości - uwzględnić na przykład także wagę matematyki oraz naszej hipotetyczno-eksperymentalnej aktywności w świecie.

Na czym się oprzeć, podejmując problem natury naszych władz poznawczych? Natanson dostrzega wagę historii nauki:

³ Wg: James Gleick, *Geniusz. Życie i nauka Richarda Feynmana*, przekład Piotr Amsterdamski, Zysk i S-KA 1999, s. 368

"Dopiero przez historię nauki poznajemy naukę w pełni. Historia nauki ukazuje jej trudności, niebezpieczeństwa, pomyłki; słabość i chwiejność odczytujemy z jej dziejów. Historia nauki podnosi w nas poszanowanie ducha ludzkiego, wzmacnia wiarę w człowieka; jego wysiłek i walka, jego gonitwa za kapryśnym, wymykającym się rytmem Natury budzi współczucie i podziw. *Dopiero historia nauki uczy cierpliwie, bezstronnie, czym jest ludzki umysł* [podkreślenie moje - RM]." [s. 17]

Jak działa więc ludzki umysł w poznawczym sprzężeniu z przyrodą? Wg Władysława Natanson'a "Myśl nasza odrywa, opuszcza, wybiera, zasłania; skracając, streszczając i łącząc, myśl odprawia ubogie i powierzchowne swoje czynności. Odtwarzając w umyśle ogromy zmienności, zadowalamy się zwykle wyciągiem, przecięciem, statystycznym wykazem, wynikiem ogólnikowym lub średnim. Żądając ciągłości, jedności, których nie ma w zjawiskach, co dzień przystajemy na kompromisy, umowy, na przybliżenia, na przemilczenia, formalizmy, schematy i fikcje. Zamiast burzy faktów, zamiast splotu zdarzeń, oglądamy plany, mapy, wykresy, rysunki; badamy katalogi, pokratkowane klasyfikacje. [...] Myśl nasza chce świat wchłonąć, arcydzieła cudu w swoich granicach pomieścić; ale nie może objąć niczego większego, aniżeli jest sama. Dlatego przerabia, idealizuje, upraszcza; dlatego wobec rzeczy i przemian podsuwa ich strzępy, abstrakcje. *Własne narzędzia, pomoce, własne utwory i wizje myśl ludzka, nieopatrzna i płocha, stroi uludą istnienia i przerzuca do rzeczywistości* [podkreślenie moje - RM]." [s. 105-106]

Natanson pisał także: "Umysł, przyglądający się światu, odgraniczamy od świata, nie wiedzącego o myśli; ten podział i rozdział czy od początku nie jest naszą pomyłką? Nie jestże świat może wnioskiem, konkluzją, dogodną konstrukcją, pożytecznym skróceniem, figurą mowy, którą naiwnie, pośpiesznie podsunęły nam elementarne warunki naszego istnienia?" [s. 153-154]

Powstaje istotny problem odniesień zrozumiałego świata fizyki do rzeczywistości niezależnej. Podjąłem ten problem, w duchu odpowiednich intuicji Natanson'a. I okazało się, że można uzyskać pewne narzędzie intelektualne, umożliwiające głębszą i ogólniejszą myśl o przyrodzie, także o człowieku (np. jako podmiocie poznawania przyrody), oraz o naszych naturalnych możliwościach docierania do rzeczywistości.

Jak konstruuje to narzędzie? Zakładam, że nasze władze poznawcze są w pewien sposób ograniczone. Dostrzegam i omawiam te ograniczenia. Staram się określić ich naturę. Szkicuję pewną teorię podmiotowej formy zrozumiałości świata. Osiągnięte wyniki prezentuję w kontekście dziejów fizyki. Staram się ukazać, jak ta forma działa w

naturalnym, prostomyślnym poznawaniu przyrody. A także zadaję pytanie, czy rzeczywistość niezależna ujawnia się lub przejawia poprzez zasłonę tej podmiotowej formy.

Całą tą problematykę formułuję i rozwiązuję w kontekście pojęcia: *wydobywanie zrozumiałego świata fizyki (przedmiotów różnych teorii fizycznych) z rzeczywistości niezależnej*.

Wszystko to zdaje się wprowadzać nową jakość w naukę. Jakość tę nazywam *meta-fizyką* (czy ogólniej: *meta-nauką*).

Czy taka *meta-fizyczna* wiedza pogłębia nasze rozumienie rzeczywistości? Sądzę, że tak. Możliwe stają się na przykład głębsze niż dotychczas interpretacje wyników nauk przyrodniczych. Można pomyśleć o przyrodzie głębiej i wszechstronniej. Tę uwagę kieruję do fizyków czy biologów. Ponadto wielką wartością tego rodzaju analiz może być głęboka i poprawna wiedza o poznawczej naturze człowieka, dopełniająca tę kognitywistyczną, inaczej niedostępna.

Arthur Koestler w *Przedmowie do Lunatyków*, omawiając powstanie fizyki nowożytnej, pisze o równoczesnej przemianie europejskiego umysłu. "Ta siedemnastowieczna przemiana europejskiego umysłu to tylko najnowszy przykład wpływu "nauk ścisłych" na "humanistykę" - wpływu badania natury przyrody na badanie natury człowieka. Przykład ten ilustruje również, jak wielkim błędem jest wznoszenie barier akademickich i społecznych między tymi dwoma obszarami dociekań. Fakt ten nareszcie zaczyna zyskiwać uznanie, niemal pół tysiąclecia po tym, jak renesans odkrył *l'uomo universale*."⁴

Sądzę jednak, że Koestler zbyt pospiesznie wysnuł wnioski dotyczące przemian naszej umysłowości. Po ponad trzech wiekach od momentu przełomu w przyrodoznawstwie nadal niewiele z tego wynika dla pogłębienia wiedzy o człowieku. Może warto w końcu to zmienić?

Jedna z dróg do dobrej wiedzy o człowieku, być może główna, wiedzie przez poprawne rozpoznanie natury naszej wiedzy, dotyczącej przyrody. Odpowiednie badania mogą przybliżyć odpowiedź na pytanie, kim jesteśmy, jako także osadzeni w przyrodzie, a nie tylko w innych ludziach, i czym jest nasza świadomość, w której - cytuję Witolda Gombrowicza: "...jest coś takiego, jakby sama dla siebie była pułapką (T. 3, s. 205)"⁵

⁴ Arthur Koestler, *Lunacy. Historia zmiennych poglądów człowieka na wszechświat*, przekład Tomasz Bieroń, Poznań 2002, s. 9,

⁵ Witold Gombrowicz, *Dziennik t. 1-3*, Wydawnictwo Literackie, 1986 r. Cytując Gombrowicza nie wychodzę poza jego *Dziennik*, podając odpowiedni tom i stronę.

Można sądzić, że współczesna humanistyka nie radzi sobie z "pułapką świadomości", a wręcz ją sankcjonuje, produkując głównie pozory wiedzy. Sposób podejścia Natansona do problemu natury naszej wiedzy przyrodniczej może zaowocować pewnym zrozumieniem natury tej pułapki.

Prof. Michał Heller, znany filozof nauki, w wywiadzie pt. *Dowód na istnienie Boga*, mówi: "Ja się najlepiej modlę wtedy, gdy pracuję nad matematyką. Dlatego że matematyka to absolut, jedyny obszar ludzkiej działalności, który nie został dotknięty grzechem pierworodnym. W matematyce wszystko jest tak, jak powinno być. Nie może być inaczej."

W naukach humanistycznych tak nie jest. Wydaje się, że jest wręcz odwrotnie: wszystko jest tak, jak nie powinno być.

Pozostają jeszcze nauki przyrodnicze (w tym przede wszystkim fizyka), a także filozofia.

Sądzę, że Natanson wyzwolił się z pułapki świadomości (czy pęt "grzechu pierworodnego") także w fizyce i filozofii, przy okazji wskazując drogę do poprawnej wiedzy o człowieku, najpierw w jego poznawczym stosunku do przyrody. Tych wartości pism Natansona nie da się przecenić. Być może da się na nich zbudować wiele dobrego.

Nad książką, którą przedstawiam, pracowałem wiele lat. Ze względu na głębię i obszerność tematu pewnie nie wszystko zrobiłem tak, jak trzeba. Zdaję sobie sprawę z pewnych niedoskonałości tej książki. Ale może jakieś przyczółki nieznanego dotąd lądu zostały uchwycone?

2. Wprowadzenie

Pod koniec 19 wieku wszyscy znający się na rzeczy uznawali fizykę za naukę dojrzałą, na ukończeniu. Jednakże czekała ich niespodzianka. W pierwszych latach 20 wieku pojawiły się zasadnicze problemy. To, co uważano za falę, okazywało się także cząstką, i odwrotnie. Około roku 1926 powstała mechanika kwantowa, zasadniczo zmieniająca obraz fizycznego świata.

Dzisiaj także fizyka nie jest wolna od problemów natury zasadniczej. Być może warto tu wskazać na pewne sprzeczności zdające się występować pomiędzy teorią względności a mechaniką kwantową (tzw. paradoks EPR – Einsteina, Podolskiego, Rosena), na próby wprowadzania w kosmologię tzw. czarnej materii i energii, niewykrywalnych bezpośrednimi metodami empirycznymi (narzucić się tu może analogia z 19-sto wiecznym ciepłikiem i eterem), na trudności w połączeniu fizyki mikroświata z ogólną teorią względności, czy na ciągle pojawiające się nowe problemy w dziedzinie tzw. cząstek elementarnych, których rozstrzygnięcie zdaje się wymagać budowy coraz to potężniejszych i droższych akceleratorów. I jeżeli kiedyś wydawało się, że fizyka jest już na ukończeniu, to dzisiaj jej końca raczej nie widać.

Andrzej Kajetan Wróblewski, autor wyjątkowej *Historii Fizyki*⁶, do której będę się odwoływał wielokrotnie, na zakończenie swoich wykładów (Uniwersytet Warszawski, rok 2006) konkluduje: „Jest bardzo trudno przewidzieć ewolucję fizyki w następnych dekadach. Jest jednak zupełnie pewne, że fizyka nie skończy się wkrótce. Badania fizyczne staną się jeszcze bardziej kolektywne i prace fizyczne będą miały coraz więcej autorów. Będą się zdarzać odkrycia niespodziewane. Będą także występowały błędne odkrycia i teorie (jak się zdarzało w przeszłości). Byłoby niezwykle interesujące wysłuchać wykładu z historii fizyki w roku 2100 !”

Fizyka bywa trudna, zwłaszcza w czasach przełomów. Werner Heisenberg, jeden ze współtwórców fizyki kwantowej, pisał: "Przypominam sobie wielogodzinne, przeciągające się do późnej nocy dyskusje z Bohrem, które doprowadzały nas niemal do rozpacz. Ilekroć po zakończonej dyskusji samotnie spacerowałem w pobliskim parku, niezmiennie

⁶ Andrzej K. Wróblewski, *Historia Fizyki, od czasów najdawniejszych do współczesności*, Wydawnictwo PWN W-wa 2006 r. *Historia Fizyki* A.K. Wróblewskiego towarzyszyła mi przez cały czas pisania. Jest to książka świetna; przypuszczam, że aktualnie najlepsza z tej dziedziny na skalę światową. Nauczyła mnie wiele. Zacerpnałem z niej także wiele przytaczanych tutaj cytatów, także myśli samego autora. Gdy cytuję, odsyłam czytelnika do odpowiedniej strony z tej książki, gdzie można znaleźć cytat lub myśl w całości i w oryginalnym kontekście. Mam nadzieję, że nie przeoczyłem czegoś. A posiłkuję się historią fizyki, by ducha prezentowanej tu teorii poznania odziać w żywe ciało poznawania rzeczywistego.

zadawałem sobie pytanie: czy przyroda może być rzeczywiście aż tak absurdalna, jak się to nam wydaje, gdy rozważamy wyniki doświadczalnych badań zjawisk atomowych?"⁷ Zaś Tomonaga, jeden z twórców (obok Feynmana i Schwingera) elektrodynamiki kwantowej, laureat nagrody Nobla, jeszcze przed uzyskaniem rozstrzygających wyników zapisał w swoim *Dzienniku*: "Po kolacji zabrałem się za fizykę, ale w końcu zrezygnowałem. To przeklęta praca! (...) Ostatnio byłem bardzo smutny bez wyraźnego powodu, przeto poszedłem do kina. Po powrocie do domu czytałem książkę fizyczną. Niezbyt dobrze ją rozumiem (...) Dlaczego natura nie jest prostsza i łatwiejsza do zrozumienia?"⁸

Można zapytać, dlaczego właściwie przyroda opiera się naszemu poznaniu? Czy jest aż tak skomplikowana? A może jest to wynikiem istotnych ograniczeń naszych władz poznawczych?

Standardową odpowiedź daje realizm poznawczy: rzeczywistość okazuje się wprawdzie nadspodziewanie złożona, lecz w końcu odzwierciedlimy ją w całości na przykład w ramach Wielkiej Teorii Wszystkiego.

W tej książce testuję drugą możliwość. Nie można wykluczyć, że nasze władze poznawcze są w pewien sposób ograniczone i te ciągle pojawiające się problemy w dziedzinie wiedzy są nie tylko wynikiem skomplikowania samej przyrody, lecz także wynikiem tego ograniczenia. Dostrzegam i omawiam te ograniczenia. Staram się określić ich naturę, budując teorię podmiotowo współwarunkowanej formy świata fizyki. Osiągnięte wyniki prezentuję w kontekście dziejów fizyki.

Zadaję także pytanie, czy rzeczywistość przejawia się lub ujawnia poprzez tę formę? Czy jest szansa na osiągnięcie zbieżności świata fizyki z rzeczywistością niezależną i jak to mogłoby być możliwe?

Proponowane podejście do natury poznania ogarnia całe spektrum możliwych rozwiązań, sytuujących się pomiędzy skrajnym realizmem poznawczym i skrajnym idealizmem, nie zakładając w punkcie wyjścia żadnego z nich. Preferowane rozwiązanie jest tu wynikiem odpowiednich badań, nie zaś wyborem ideologicznym czy skutkiem przysłowiowego "rzutu monetą". Aby jednak efektywne podjąć podstawową problematykę teoriopoznawczą trzeba najpierw skonstruować odpowiednie narzędzie intelektualne - wspomnianą już wyżej teorię formy, co czynię w rozdziale 5-tym.

⁷ Werner Heisenberg, *Fizyka a Filozofia*, przekład Stefan Amsterdamski, 1962 r.

⁸ James Gleick, *Geniusz. Życie i nauka Richarda Feynmana*, przekład Piotr Amsterdamski, Zysk i S-KA 1999, s. 261.

Jeżeli nie znasz fizyki albo jej nie rozumiesz, a może nawet nigdy nie chciałeś rozumieć, bo uważasz się za humanistę, a w ogóle to podświadomie "boisz się i nienawidzisz matematyki"⁹ i wszystkiego, co z nią związane, to ta książka jest także dla ciebie. W fizyce, podobnie jak w każdej innej nauce, substancją myśli są pojęcia; matematyka może być postrzegana jako pewien rodzaj języka lub tworzywa dla praw i zasad fizyki, choć nie można także wykluczyć jej głęboko heurystycznego charakteru. Wiele jednak z fizyki można zrozumieć niejako obok zaangażowanej tam matematyki i wcale nie musi to być zrozumienie połowiczne.

Matematyka w fizyce, gdy postrzegana jako podstawowy i jedyny środek docierania do rzeczywistości fizycznej, często zdaje się przesłaniać zjawiska i zaciemniać myśli. Doskonale zdawali sobie z tego sprawę fizycy tacy, jak na przykład Bohr, Einstein, Faraday, Feynman, utrzymując matematykę w tle swoich badań. Na przykład Albert Einstein, w okresie, gdy tworzył teorię względności, nie działał jak klasyczny fizyk matematyczny. Stronę matematyczną szczególnej teorii względności prawdopodobnie pomogła mu opracować jego żona, także fizyk, Mileva Marić, zaś ogólnej teorii względności - jego szkolny przyjaciel, matematyk Marcel Grossmann. Zaś po dogłębnej matematyzacji przez Hermanna Minkowskiego szczególnej teorii względności (1908 r.), Einstein wyraził się następująco: "Odkąd matematycy zagarnęli moją teorię względności, sam ją coraz gorzej rozumiem."¹⁰

Przy czym nie można wykluczyć, że sama matematyka także mówi coś o rzeczywistości. Co i o jakim aspekcie rzeczywistości? W odpowiednim miejscu spróbuję naświetlić ten problem.

W niniejszej książce nie zawarłem ani jednego wzoru matematycznego, który mógłby zaburzyć tok myśli czytelnika, nie oswojonego z matematyką, odwracając uwagę od istoty rzeczy. Nie chciałbym jednak sprawić wrażenia, że nie doceniam matematyki w fizyce. Matematyka jest w tej książce zawarta *implicite*, jako medium, poprzez które fizyka staje się taka a nie inna, także w warstwie pojęciowej. Warstwa pojęciowa fizyki, a także jej treści i struktura są współwarunkowana zawartą w fizyce matematyką i faktu tego niesposób przecenić.

Prezentuję pojęciowy aspekt fizyki, uznając go za nadrzędny (a przynajmniej równoważny) względem matematycznego. Jedyny wyjątek czynię w podrozdziale, dotyczącym modelu gazu doskonałego, przy czym odpowiednie prawa ilościowe podaję tam w formie możliwie najprostszej.

⁹ Ciekawie pisze na temat "wrodzonej" awersji do matematyki niektórych osób William Dunham w jednym z rozdziałów książki *Matematyczny Wszechświat*, przekł. Roman Matuszewski, Wyd. Zysk i S-KA, 2001 r.

¹⁰ Wg Waltera Isaacsona, *Einstein. Jego życie, jego wszechświat*, przekład Jarosław Skowroński, PWN W-wa, 2011 r., s. 182

Pojęcia to myśl, matematyka to pewnego rodzaju język lub "tworzywo własne" fizyki, które fizyk często kształtuje na miarę tej myśli. Jednakże trzeba sobie także zdawać sprawę z tego, że fizyka nowożytna, jaką znamy, bez matematyki nie mogłaby zaistnieć. Ale tym bardziej nie mogłaby zaistnieć bez pojęć, umożliwiających rozumiejącą myśl o Naturze.

Wiele lat temu zainspirowała mnie książka *Wspomnienia i szkice*, zawierająca artykuły i eseje, napisane przez polskiego fizyka Władysława Natansona żyjącego na przełomie XIX i XX wieku¹¹. Natanson rozwija w nich – w kontekście rozważań z dziejów fizyki – teorię poznania o nadzwyczajnej głębi i oryginalności. Wiele jego wypowiedzi cytowałem już w *Przedmowie*. W zasadzie nie powinienem więc ich powtarzać, jednakże teraz kontekst jest inny i nabierają one w tym nowym kontekście dodatkowego blasku. Dlatego pewne z nich przytoczę raz jeszcze.

Władysław Natanson pisał: „Nasze pojęcia nie mówią o porządku istniejącym w Naturze; mówią o porządku, który ażeby móc myśleć o niej, narzucamy Naturze.” [s. 327] Przy czym „Myśl nasza chce świat wchłonąć, arcydzieła cudu w swoich granicach pomieścić; ale nie może objąć niczego większego, aniżeli jest sama. Dlatego przerabia, idealizuje, upraszcza; dlatego wobec rzeczy i przemian podsuwa ich strzępy, abstrakcje. Własne narzędzia, pomoce, własne utwory i wizje myśl ludzka, nieopatrzna i płocha, stroi ułudą istnienia i przerzuca do rzeczywistości.” [s. 105 - 106]

Że tak często się dzieje, zauważano od dawna. Na przykład Francis Bacon, autor *Novum Organum*, modlił się: "Boże, nie pozwól, abyśmy brali wytwory naszej wyobraźni za porządek panujący w świecie"¹².

Natanson pisał także: „Umysł, przyglądający się światu, odgraniczamy od świata, nie wiedzącego o myśli; ten podział i rozdział czy od początku nie jest naszą pomyłką? Nie jestże świat może wnioskiem, konkluzją, dogodną konstrukcją, pożytecznym skróceniem, figurą mowy, którą naiwnie, pośpiesznie podsunęły nam elementarne warunki naszego istnienia?” [s.153-154]

Można założyć, że nauki przyrodnicze nie odzwierciedlają wprost rzeczywistości. Jednakże z drugiej strony trzeba byłoby założyć, że poprzez pryzmat (czy filtr) naszych władz poznawczych, w tym na przykład umysłu, rozumu, intelektu, zmysłowości, przejawia się lub ujawnia w jakimś zakresie także rzeczywistość. Czy jednakże przejawia

¹¹Władysław Natanson, *Wspomnienia i szkice*, Kraków 1977.

¹² Wg: James Gleick, *Geniusz. Życie i nauka Richarda Feynmana*, przekład Piotr Amsterdamski, Wydawnictwo Zysk i S-KA, s. 431

się lub ujawnia i w jakim zakresie?

Natanson pisał: „Każda nauka jest przecież próbą, jest doświadczeniem, które pokolenia wykonały nad zrozumiałością natury.” [s. 148] Człowiek stara się wydobyć z rzeczywistości to, co jest w stanie ująć pojęciowo i zrozumieć. Dzieje fizyki nowożytnej mogą zostać postrzeżone jako usilna praca pokoleń fizyków nad zrozumiałością przyrody.

W powyższym kontekście chciałbym przywołać znane twierdzenie Immanuela Kanta, zgodnie z którym „...rozum to tylko rozumie, co sam wytwarza wedle własnej inicjatywy.”¹³ W odniesieniu do tego, co napisałem powyżej, można byłoby je sparafrazować następująco: 'rozum to tylko ujmuje w pojęciach, narzucając się swoim rozumieniem Naturze, co sam współwytwarza wedle własnej inicjatywy i na miarę swoich właściwości.'

Natanson nie zaprezentował spójnego systemu filozoficznego *explicite*. Jednakże zauważał i próbował wyrazić głębię i złożoność problemu natury wiedzy. Dostrzegał także zasadnicze znaczenie nauki o wiedzy dla dalszego rozwoju fizyki. Pisał na przykład: "Gdy zajmujemy się fizyką, celem naszym nie jest wykonywanie doświadczeń lub przedsięwzięcie pomiarów; celem naszym nie jest układanie wzorów i równań lub prowadzenie rachunków. *Celem naszym jest wówczas poznanie stopnia możliwości, którą obdarzeni jesteśmy, ujmowania prawidłowości w zjawiskach Natury* [podkreślenie moje - R.M.]" [s.54]

To nie musi być absurd. Bo o co tak naprawdę idzie w poznawaniu przyrody? W najgłębszym poziomie poznania rzecz idzie o wiedzę o rzeczywistości. Chcemy wiedzieć, co i jak jest. Jakże jednak możemy mieć pewność naszej wiedzy, gdy nie wiemy, jak działają nasze władze poznawcze w odniesieniu do przyrody? Czy nie zniekształcają rzeczywistości podsuwając nam jej pozory?

Rzecz idzie tu o fizykę podstawową, naukę o tym, co i jak jest, a nie o prostomyślną fizykę stosowaną czy techniczną, gdzie raczej idzie o to, jak opanować przyrodę. Przy czym jako fizykę stosowaną można postrzegać także tę bardzo nawet zaawansowaną teoretycznie. Na przykład Feynman był przekonany, że "...mechanika kwantowa ani nie wyjaśnia świata, ani nie tłumaczy, dlaczego jest taki, jaki jest, lecz mówi nam, jak mamy

¹³ Długo zastanawiałem się, czy cytując Kanta *Krytykę czystego rozumu* odsyłać czytelnika do poszczególnych stron określonego wydania i wersji. Ostatecznie z tego zrezygnowałem. Wiadomo, że Kant wydał dwie wersje *Krytyki...*, drugą sześć lat po pierwszej, oznaczane zwykle jako „A” i „B”. Opierałem się głównie na przekładzie Romana Ingardena wydanym w 1957 roku przez Książkę i Wiedzę. W wydaniu tym zmieszane są fragmenty z wydania „A” i „B” – wprawdzie odpowiednio oznaczone, lecz przeplatające się, co dodatkowo zaważyłoby na przejrzystości odwołań. Ponadto czytelnik może dysponować innym wydaniem polskim w tym samym tłumaczeniu, lecz o odmiennym układzie stron. Co więcej, poszczególnych wypowiedzi Kanta nie można wyodrębnić z całego systemu; ich właściwe znaczenie ujawnia się w kontekście całości. Cytując Kanta postrzegam ten kontekst, lecz nie zawsze jestem w stanie go zwięźle zaprezentować. Można jeszcze dodać, że zdecydowaną większość przytaczanych przeze mnie cytatów znaleźć można w każdej rozbudowanej *Historii filozofii*.

sobie z nim radzić."¹⁴. Tymczasem rzecz w tym, by uzyskać narzędzie intelektualne (nazywane dalej *meta-fizyką*), które pozwoliłoby głębiej i wszechstronniej naświetlić stosunek naszej wiedzy do rzeczywistości, a w konsekwencji dostrzec TO rzeczywiste, jako niezależne od natury naszych władz poznawczych.

Natanson określił cel fizyki pogłębia i otwiera umysły oraz sprawia, że powstają warunki sprzyjające osiągnięciu głębokiego i wartościowego poznania. Nie chcę przez to powiedzieć, że wyczerpała się formuła nauki prostomyślnej¹⁵, jednakże pogłębienia nauk można byłoby oczekiwać w związku z umiejętnym podjęciem analiz dotyczących natury wiedzy ludzkiej i jej stosunku do rzeczywistości. Sądzę, że dobrze ten problem wyczuwali ci wszyscy fizycy, którzy współtworzyli przełomowe teorie.

Fizyka to nie tylko wyniki, osiągnięte przez fizyków. To głównie poznawcze, hipotetyczno-eksperymentalne sprzężenie człowieka z przyrodą. Wyniki fizyki poza tym poznawczym sprzężeniem nie istnieją, gdyż tworzymy je zarazem na miarę właściwości naszych władz poznawczych i odzewu Natury. Na przykład każde nasze myślowe ujęcie Natury zawsze pozostaje ograniczone formą umysłu, współwarunkującą nasze wyobrażenia świata. Natanson pisał: "...nasze pojęcia nie mówią o porządku istniejącym w Naturze; mówią o porządku, który ażeby móc myśleć o niej, narzucamy Naturze." [s. 327]. Dający się myśleć (i rozumieć) świat zawsze pozostaje we władzy form umysłu. Można by rzec, że myśląc świat i podporządkowując nasze życie tej myśli o świecie żyjemy w istocie w czymś na podobieństwo umysłowego "matrixu".

Na fizykę składa się podmiotowa forma ujmowania przyrody oraz wyniki (prawa, teorie, itd.). Oddzielenie wyników od formy i samodzielne ich rozpatrywanie, także analizy w jakimś zewnętrznym kontekście filozoficznym, wydają się błędem, dominującym powszechnie.

Same wyniki fizyki są martwe. One ożywają w tym poznawczym sprzężeniu człowieka z przyrodą. Jednakże w poznaniu prostomyślnym forma naszych władz poznawczych i natura tego sprzężenia nie są widoczne. Gdyby jednak udało się tę formę uchwycić, wówczas – osadzając w niej wyniki – moglibyśmy je ożywić poza realnym procesem poznawania przyrody. I dopiero wtedy byłaby możliwa sensowna filozofia fizyki jako

¹⁴ James Gleick, *Geniusz*., op. cit., s. 20

¹⁵Pojęcie „prostomyślność” wykorzystuję dość często. Nie ma ono żadnych zabarwień pejoratywnych. Znaczy tyle, co „w sposób naturalny”, „bez refleksji krytycznych”, dotyczących możliwych, podmiotowych uwarunkowań wiedzy. Np. fizyk, wykonując swoją pracę, zwykle nie przypatruje się sobie jako warunkowi wiedzy. Przyjmuje, że jego odkrycia dotyczą wprost rzeczywistości, nie zauważając siebie jako pośrednika pomiędzy wiedzą a rzeczywistością lub nie wyciągając z faktu tego pośredniczenia żadnych konsekwencji. Działa wtedy w świecie i interpretuje świat prostomyślnie. Zdecydowana większość fizyków funkcjonuje prostomyślnie.

(względnie) samodzielna dziedzina nauki. Jednak dopóki nie mamy teorii formy, to musi dla nas pracować to sprzężenie. Stąd konieczność zachowania w analizach teoriopoznawczych perspektywy wewnętrznej fizyki.

Rozważmy przykład. Elektron jako samo pojęcie może zostać całkowicie przechwycony przez rozum, który arbitralnie powiąże je z innymi pojęciami i zinterpretuje niezależnie od tego rzeczywistego ruchu poznawania, który go ukonstytuował i utrzymuje w świetle fizyki (i techniki). Realny obiekt fizyki może przekształcić się wtedy w pusty hieroglif, poddawany różnorodnym spekulacjom.

Elektron filozofów często nie jest elektronem realnym, gdyż w teorii elektronu, stworzonej przez fizyków, na której bazuje filozof, nie jest zawarty *explicite* ruch od empirii, poprzez pojęcie i hipotezę, do eksperymentu sprawdzającego. Ten realny i konstytutywny ruch, zawarty tam *implicite*, posiada pewną formę, mogącą wpływać na efekt końcowy, jednak nie eksponowaną w teorii, gdyż będącą synonimem prostomyślnego, nowożytnego funkcjonowania fizyka. Filozof, gdy wyobcowany z tego ruchu, formy tej nie uwzględnia. Jego myśl jest bezdomna, na próżno szukająca oparcia. Często oparcie to znajduje w jakiejś ideologii. Uwzględniając zaś tę formę mógłby na przykład – parafrazując Kanta - sformułować następujące twierdzenie: 'ogólne warunki możliwości eksperymentu makroskopowego, dotyczącego właściwości elektronu, są zarazem warunkami możliwości przejawiania się na poziomie makro samego elektronu, odpowiednio określonego, jako uprawnionego obiektu fizyki.'¹⁶ A to już zupełnie coś innego, niż prosta spekulacja na przykład na temat materialności (czy nie) elektronu.

Wielu twórców nowożytnej nauki podchodzi niechętnie do przeintelektualizowanej filozofii, a niechęć ta nie bierze się z defektów czy ograniczeń ich umysłów, ale wręcz przeciwnie, z potrzeby ich ochrony. Ciekawie wyraził to Abraham Pais, odwołując się do wypowiedzi Einsteina. Pisał: „Einstein przez całe życie interesował się filozofią. Jako uczeń przeczytał Kanta. Wspólnie ze swymi przyjaciółmi w Bernie studiował *Etykę Spinozy*, *Traktat o naturze ludzkiej* Hume'a, *System logiki* Milla, *Krytykę czystego doświadczenia* Avenariususa i inne prace filozoficzne. [...] 'Czyż cała filozofia nie jest jak gdyby zapisana miodem? Wygląda cudownie, gdy ją kontemplujemy, ale gdy przyglądamy się jej ponownie, wszystko gdzieś znika, pozostaje tylko paćka' – powiedział kiedyś"¹⁷.

Feynman także niechętnie odnosił się do zawodowych filozofów. Jak pisze Gleick: "Zajęcia z filozofii na MIT tylko denerwowały Feynmana. Uznał je za przedsięwzięcie

¹⁶ Immanuel Kant sformułował odpowiednie twierdzenie w sposób następujący: "Warunki możliwości doświadczenia są zarazem warunkami możliwości przedmiotu doświadczenia".

¹⁷ Abraham Pais, *Pan Bóg jest wyrafinowany... Nauka i życie Alberta Einsteina*, przekład Piotr Amsterdamski, Prószyński i S-ka, W-wa, 2001 r., s. 321.

niekompetentnych logików. Roger Bacon, znany z wprowadzenia *scientia experimentalis* do myśli filozoficznej, głównie gadał, zamiast robić doświadczenia. (...) Bliższe Feynmanowi było credo Williama Gilberta, (...) który badał magnetyzm: 'Odkrywając tajemne rzeczy i badając ukryte przyczyny, silniejsze argumenty czerpiemy raczej z wiarygodnych eksperymentów i demonstracji niż z prawdopodobnych przypuszczeń i opinii zwykłych filozofów oddających się spekulacjom.' Taka teoria wiedzy odpowiadała Feynmanowi. (...) [Sądził, że - RM] pod wpływem filozofii wiedza zaczyna dryfować, fizyka zaś zakotwicza ją w rzeczywistości."¹⁸

Wg Bohra "(...) relacja między naukowcami i filozofami jest bardzo specyficzna (...). Trudność polega na tym, że poszukiwanie jakiegokolwiek bezpośredniego porozumienia między naukowcami a filozofami jest zadaniem beznadziejnym."¹⁹

Nie twierdzę, że każda filozoficzna refleksja generuje pozory wiedzy. Jednakże może do takich pozorów prowadzić pewien powszechny sposób uprawiania filozofii. Może w większości jest tak, jak pisał Witold Gombrowicz, że „... żadna myśl, ani forma w ogóle nie zdoła objąć bytu i, im bardziej wszechobejmująca, tym bardziej kłamliwa. [T. 1, s. 147] (...) Albowiem już przyzwyczałem się do tego, że filozofia musi być kłęską i wiem, że w tej dziedzinie możemy rozporządzać tylko myśleniem roztrzaskanym, wiadomo, że jeździec, który tego konia dosiada, musi spaść.” [T.1, s. 286].

Fizyk, zwłaszcza teoretyk, nie uniknie ogólniejszej myśli, w istocie filozoficznej. Jednakże trzeba tu zachować ostrożność. Przejmowanie gotowych rozwiązań, zwłaszcza podsuwanych przez filozofów oderwanych od żywego kontaktu poznawczego z przyrodą, może zakończyć się kłęską. "Konia filozofii" w dziedzinie fizyki trzeba siodłać ostrożnie i umiejętnie. W tej książce prezentuję pewną metodę, która może prowadzić do sukcesu.

Intuicja, że w naszym poznawaniu nie dosiegamy rzeczywistości, zdaje się powszechna. Przytoczę tu wypowiedź Sławomira Mrożka, dramaturga, człowieka odległego od fizyki czy filozofii akademickiej: „Wszystko, co wiemy, jest podminowane świadomością, że wiemy tylko w zakresie naszej ludzkiej konstrukcji, w zakresie możliwości wyznaczonych nam przez naszą ludzką kondycję. Dlatego wszechświat jest jeszcze bardziej przerażający niż jako zbiorowisko owej nieskończoności galaktyk. Bo gdyby nawet udało się o tym wszechświecie wiedzieć wszystko, to i tak pozostaje świadomość, że to tylko obraz taki, jaki możemy zobaczyć.”²⁰. Zaś Natanson pisze: „O ile

¹⁸ James Gleick, *Geniusz...*, opt. cit., s. 74

¹⁹ Abraham Pais, *Tu żył Albert Einstein*, przełożył Marek Krośniak, Prószyński i S-ka W-wa, brak daty wydania, s. 52

²⁰ Sławomir Mrozek, *Dziennik*, Wydawnictwo Literackie, T1. s. 391

podobna dzisiaj przewidzieć, w nadchodzącej fazie badania (...) fizyka wyrzeknie się oznaczonego obrazu obiektywnego stanu biegu Natury; zadowoli się światem względnym, odniesionym do poznawania ludzkiego." [s. 101]

Próbuję podążać w tym kierunku, poszukując także tego, co w wiedzy przyrodniczej rzeczywiste i od naszych władz poznawczych niezależne.

Witold Gombrowicz, którego *Dziennik* czytuję z niegasnącym zainteresowaniem, pisał tam o Czesławie Miłoszu: „Posiada on coś na wagę złota, co nazwałbym wolą rzeczywistości, a zarazem wycucie punktów drastycznych naszego kryzysu.” Zaś Sławomir Mrożek zapisał w swoim *Dzienniku* następującą myśl: „Chcę być taki, jaki nie jestem, ponieważ nie jestem taki, jaki jestem.” Rozwińmy to. A jaki więc jestem? Nie wiem. Chcę dotrzeć do tego, co nieznanne we mnie i w świecie, ponieważ nie jestem takim, jakim jest to mi znane. Chcę osiągnąć wolność od znanego, choć niekoniecznie muszę to znane odrzucić. Chcę być czymś rzeczywistym, bo gdy wiem, jakim jestem, i jestem takim, to jestem pustą formą. Mam wolę rzeczywistości. Chcę dotrzeć do rzeczywistości, a mam przeczucie, że nie jest nią znane mi "ja" i znany mi świat.

Czy cytowane powyżej wypowiedzi Gombrowicza i Mrożka, w końcu humanistów, dotyczyć mogą także fizyków? Czy fizycy także wykazują "wolę rzeczywistości"? Sądzę, że tak, choć ze względu na realizm poznawczy, prostomyślnie przyjmowany przez większość fizyków, ta wola rzeczywistości zdaje się pozostawać w uśpieniu.

Jeżeli posiadasz wolę rzeczywistości, to ta książka jest dla ciebie. Przy czym ta wola rzeczywistości dotyczyć musi zarówno świata, jak i ciebie samego, a może także społeczeństwa, w którym egzystujesz. Jednakże sama wola rzeczywistości to za mało, by do rzeczywistości dotrzeć lub osiągnąć poznanie graniczne. Trzeba także posiadać pewne umiejętności.

W pierwszym rzędzie idzie o poznawcze urzeczywistnienie się człowieka, gdyż może jest tak, że „...najpierw istnieje prawdziwy człowiek, a dopiero potem prawdziwa wiedza” (Lao Tsy, *Prawdziwa księga południowego kwiatu*). Droga na przykład do rzeczywistości przyrodniczej zdaje się prowadzić poprzez pośredniczące samo-urzeczywistnienie się podmiotu poznającego.

Można przyjąć, że urzeczywistnionymi fizykami byli na przykład Galileusz, Newton, Faraday-Maxwell, Einstein, Bohr, Heisenberg, Dirac, Feynman,... Można zapewne wymienić wielu innych. Co charakteryzowało ich poznawcze podejście do przyrody?

Werner Heisenberg, jeden z największych fizyków XX wieku, tak oto opisuje swoje wrażenia po pewnej rozmowie z Nielsem Bohrem w Getyndze: „Po raz pierwszy zrozumiałem (...) że jego wgląd w strukturę teorii był wynikiem nie analizy

matematycznej podstawowych założeń, ale intensywnego skupienia nad zjawiskami; skupienia takiego, że stało się możliwe *intuicyjne wyczucie zależności* zamiast formalnego ich wyprowadzenia. Zrozumiałem, że wiedzę o naturze otrzymuje się w taki właśnie sposób...[podkreślenie moje – R.M.]²¹.

William Stukeley opisał w swoich *Memoirs of Sir Isaac Newton's Life* rozmowę, którą przeprowadził z Newtonem w Kensington w kwietniu 1726 roku. Newton wspominał, jak to „nagle przyszła mu do głowy idea grawitacji. Gdy odpoczywał, zauważył spadające jabłko. Dlaczego jabłko zawsze spada prostopadłe na ziemię, pomyślał. Dlaczego nie w bok lub w górę, lecz zawsze w kierunku środka ziemi”²².

Newton, zapytany kiedyś, jak dochodził do swoich odkryć, podobno odpowiedział: „Nie spuszczałem oczu z przedmiotu, dopóki coś nie zacznie prześwitywać, a jasne światło ogarnie powoli całość”²³.

Albert Einstein także postrzega rozstrzygającą rolę specyficznej intuicji: „Siedziałem sobie właśnie w biurze patentowym w Bernie, gdy nieoczekiwanie przyszła mi do głowy pewna myśl: człowiek spadający swobodnie nie będzie odczuwał własnego ciężaru. Byłem doprawdy wstrząśnięty. Ta prosta myśl wywarła na mnie ogromne wrażenie i stała się impulsem do stworzenia teorii grawitacji.”²⁴

Wydaje się, że każda istotnie nowa, rzeczywista, poprawna wiedza (przyrodnicza, ale nie tylko) powstaje w wyniku czegoś na podobieństwo intuicyjnego wglądu w naturę rzeczy, owocującego zrozumieniem, w sposób niezależny od jakichkolwiek wcześniejszych unormowań pojęciowo-paradygmatycznych.

Specyficznie rozumiana intuicja zdaje się spełniać istotną rolę w poznawaniu, głównie jednak jako forpoczta poznania. Intelpekt musi zostać wcześniej czy później uruchomiony.

W czasie gościnnego wykładu wygłoszonego na Uniwersytecie w Kyoto, 14 grudnia 1922 roku, Einstein mówił do zgromadzonych studentów i profesorów: „Wszystkie wielkie dokonania nauki mają swe źródło w wiedzy intuicyjnej, zawartej w aksjomatach, które następnie rozwijane są na drodze dedukcji. [...] Intuicja stanowi warunek konieczny odkrycia takich aksjomatów”²⁵.

²¹ Bartel L. van der Waerden (ed. and translator), *Sources of Quantum Mechanics*, New York, Dover 1967, p. 22.

²² William Stukeley, *Memoirs of Sir Isaac Newton's Life*, London 1936, s.19-20.

²³ E.F. King, *A Biographical Sketch of Sir Isaac Newton*, Grandham 1858, s. 66.

²⁴ Alice Calaprice, *Einstein w cytatach*, przeł. Marek Krośniak, Warszawa 1997

²⁵ Albert Einstein, *How I Created the Theory of Relativity (Jak stworzyłem teorię względności)*, wykład wygłoszony w Kyoto 14 grudnia 1922, przekład na angielski Yoshimasa A. Ono, przedruk w „Physics Today”, 35 (August 1982). Wiadomo, że Einstein, gdy przyznano mu w 1922 roku Nagrodę Nobla z fizyki, nie mógł uczestniczyć w ceremonii wręczania nagród w Sztokholmie, która odbyła się w grudniu tego samego roku, ponieważ wcześniej zapowiedział w tym samym czasie wizytę w Japonii. 14 grudnia 1922 roku na

Zauważmy, że ci wspomniani powyżej, wielcy fizycy niewiele mieli do powiedzenia na temat dróg, które doprowadziły ich do odkrycia. Mówią o intuicji czy intuicyjnym wyczuciu zależności, jasnym świetle, ogarniającym całość, i tym podobnych sprawach. Nie potrafią nic konkretnego powiedzieć na temat momentu odkrycia.

Umysł w momencie wglądu w naturę rzeczy wydaje się przezroczysty dla samoświadomości. Mógłby więc być postrzegany jako nieempiryczny warunek przedmiotu teorii przyrodniczej (np. fizycznej). Przy czym intuicyjny wgląd pojawia się zawsze w jakimś empirycznie dostępnym kontekście, który można byłoby nazwać kontekstem odkrycia naukowego.

Czytając przytoczone powyżej wypowiedzi fizyków można przypuszczać, że pewne fundamenty, na których fizyka powstaje i się rozwija, nie są bezpośrednio empirycznie dostępne. Wydaje się, że na temat nieempirycznej części ich natury możemy osiąść co najwyżej wiedzę aprioryczną. Takie założenie przyjmuję. Stąd jednak momentami pojawiają się w książce pewne zawiłości, związane z potrzebą uwiarygodnienia apriorycznych stwierdzeń.

Niniejszy tekst jest wielopoziomowy. Odpowiadam w nim (hipotetycznie) na pytanie, jakie są nasze władze poznawcze w odniesieniu do rzeczywistości: ograniczone czy nie? Jeżeli ograniczone, to czy i jak można zbadać naturę tego ograniczenia? Gdzie w fizyce i w jaki sposób ta ograniczająca forma naszych władz lub sposób naszego naturalnego usytuowania w rzeczywistości się przejawiają? I wreszcie czy i jak rzeczywistość prześwituje przez formę świata fizyki?

Rzeczywistość być może ujawnia poprzez formę swoiście ludzkich władz poznawczych swoje istnienie, przejawia się poprzez tę formę, lub prezentuje się pomimo niej. Ujawnia się, tzn. że można stwierdzić, iż jest coś więcej ponad to, co jest światem fizyki, podległym myśli. Przejawia się, to znaczy że ujawnia pewne swoje właściwości, jednakże w postaci niepełnej lub zniekształconej. A także możliwe jest, że prezentuje się pomimo formy, przynajmniej w części, i że ma dużą siłę przebicia poprzez zasłonę formy. Przedstawia się wtedy taką, jaką jest, w całości lub fragmentnie.

Książka ta jest czymś innym, aniżeli jednym jeszcze tekstem z wielu, dotąd napisanych, a utrzymanym w klimacie realizmu poznawczego nauki współczesnej. Jej

Uniwersytecie w Kyoto, wygłosił wspomniany wykład. Była to bezpośrednia przemowa do studentów i profesorów, odpowiedź na prośbę K. Nishidy, profesora filozofii. Przemowa została wygłoszona w języku niemieckim, bezpośrednio zaś na język angielski tłumaczył profesor fizyki w Tohoku University I. Isiwara, były student Arnolda Sommerfelda i Einsteina (w latach 1912 – 1914). Isiwara opublikował swoje szczegółowe notatki z wykładu (w języku japońskim) w miesięczniku „Kaizo” w 1923 roku.

treści aspirują do ujęcia i wyrażenia tego, z czego nauka wyrasta i w czym jest zakorzeniona jako swoim nieempirycznym podglebiu, a także tego wszystkiego, co wynika z tego specyficznego osadzenia nauki.

Książka nie ma aspiracji stricte naukowych, przynajmniej w znaczeniu współczesnej poprawności i naukowości akademickiej. Jej forma jest dość swobodna, bardziej zdatna dla zaprezentowania czegoś, co dopiero się rodzi. Z drugiej jednak strony dotyczy fundamentów każdej nauki. Przy czym podejmuję w niej problematykę, szczególnie istotną dla fizyki.

Jeżeli to *Wprowadzenie*, mimo moich starań, nie przekonało cię do przeczytania tej książki w całości, to może zajrzyj jeszcze do *Zakończenia*, w którym eksponuję istotę i moc heurystyczną rozwijanej tu *meta-fizyki*.

Mój sposób cytowania jest specyficzny, trochę podobny do tego, który w *Karafce La Fontaine'a* stosuje Melchior Wańkowicz. Mógłbym powiedzieć, że 'cytując innych autorów starałem się wprowadzać wypowiedzi zrastające się organicznie i współtwórczo z tekstem, głównie w tym celu, by lepiej oddać myśl własną. W ten sposób cytaty nie są wspornikami, lecz integralną częścią tekstu i nie tylko wyręczają autora, ale wiodą spór ze sobą: są stronami w tym sporze powołującymi nieraz inne cytaty na świadków.' Raczej nie jest to więc sposób cytowania, powszechny w nauce akademickiej.

Bywa, że cytując, podaję tylko nazwisko myśliciela, nie wskazując bezpośrednio na źródła. Nie obciążam także tekstów przypisami, choć w zasadzie większość akapitów można byłoby umieścić w jakimś rozpoznawalnym kontekście.

Próbuję tym wszystkim uchronić siebie i czytelnika przed osadzeniem analiz w tekstach innych autorów, wskazując na nadrzędną potrzebę bezpośrednich odniesień poznawczych do rzeczywistości.

Na końcu zamieściłem krótki spis moich książek podręcznych, z którymi obcowałem na co dzień, pracując nad tym tekstem.

Zakończę to *Wprowadzenie* następującą uwagą Kanta z *Krytyki czystego rozumu*, która zdaje się mieć zastosowanie także w przypadku filozofii, prezentowanej w tej książce: „W poszczególnych miejscach każdy wykład filozoficzny da się zahaczyć (albowiem nie może być tak opancerzony, jak [traktat] matematyczny), jednakże organiczna budowa systemu rozważanego jako całość nie jest przy tym narażona na najmniejsze niebezpieczeństwo.” Sądzę, że metoda, którą stosuję, jest z gruntu poprawna, zaś nietrafione mogą być co najwyżej pewne konkretne hipotezy.

3. Dwa korzenie fizyki nowożytnej

Kreatywny umysł

Holizm poznawczy

Przeświadczenie, że świat jest całością i jednością, jest odwieczne. Wyrazem tego może być upór, z jakim w zasadzie od zawsze człowiek dąży do osiągnięcia czegoś na kształt jednolitej teorii wszystkiego (poszukiwali jej już Jońscy Filozofowie Przyrody; uważa się, że właśnie wtedy narodziła się nauka).

Stałe dążenie umysłu do osiągnięcia wszechogarniającej syntezy zdaje się jedną z głównych sił napędowych nauki. Takiej syntezy dotychczas nie osiągnięto, jednakże możliwe okazały się syntezy częściowe, na przykład mechaniką klasyczną, elektrodynamiką Maxwella, termodynamiką statystyczną, ogólną teorią względności. Czy byłyby one możliwe, gdyby umysł nie pragnął objąć całości świata, po to, by mógł się w nim efektywnie „zagospodarować” swoją naturą i przez to osiągnąć pełne zrozumienie? W naturalnym dążeniu do ogarnięcia całości umysł przejął w postaci syntez częściowych to, co z braku czegoś lepszego, niejako po drodze, nastęrczyła mu sama rzeczywistość jako możliwe do zrozumienia na aktualnym etapie rozwoju poznania.

Przyjmuję, że rozum jest ze swej natury konstruktywny. Ta konstruktywność rozumu jest powiązana w sposób konieczny z wyodrębnianiem pewnych całości, w których mogłaby się ona zrealizować. Rozum, poznając ogólnie na sposób nowożytny, a więc w koniecznym związku z aktywną obserwacją i eksperymentem – a nie mogąc od razu ogarnąć całego świata – wyodrębnia i ogarnia pewne całości niższego rzędu, próbując się w nich „osadzać” i przejmować je na własność.

Te całościująco-konstruktywne właściwości rozumu, gdy powiązane z totalną aktywnością poznawczą w świecie, w tym wyprzedzającą aktywnością obserwacyjno-eksperymentalną, wyrażam pojęciem holizmu poznawczego.

W przeciwieństwie do holizmu ontologicznego, w którym przyjmuje się, że nadrzędność całości nad częściami wynika z natury samych obiektów²⁶, w ramach holizmu poznawczego stwierdza się, że to rozum sam ze swej natury poszukuje obiektywnie wyodrębniających się całości, po to, by mógł umożliwić sobie rozumienie, oczekując przy tym – przynajmniej wtedy, gdy jest rozumem nowożytnego fizyka – na odpowiedni odzew ze strony rzeczywistości zewnętrznej.

²⁶ Holizm ontologiczny stwierdza, że właściwości całości nie mogą zostać wyjaśnione lub przewidziane na gruncie znajomości właściwości części, a także, że całość jest nadrzędna względem części.

Teorie empiryczne i docelowe

W jaki sposób przejawia się holizm poznawczy na poziomie empirycznie dostępnego kontekstu odkrycia naukowego w fizyce?

W przestrzeni empirii bezpośredniej, w której działa rzeczywisty eksperymentator, wykrywane są pewne prawidłowości ujmowane następnie ogólnymi prawami empirycznymi oraz empirycznymi teoriami. Prawa empiryczne często łączy się w teorie empiryczne.

Teorie empiryczne charakteryzuje przede wszystkim niepełny zakres – poza nimi pozostają zwykle obiekty i zjawiska podobne, lecz w ramach tych teorii niemożliwe do zrozumienia.

Cały zakres zjawisk danego rodzaju pokrywa często wiele konkurujących teorii empirycznych, z których żadna ostatecznie nie zwycięża, gdyż zostają wszystkie zastąpione teorią szerszą i głębszą.

Istotne jest to, że każda taka cząstkowa teoria empiryczna, gdy próbuje się ją sformułować dostatecznie ogólnie, zaczyna wykazywać wewnętrzne sprzeczności lub niezgodności z empirią. Gdy teorię empiryczną staramy się uczynić wewnętrznie zwartą, spójną i niesprzeczną, po to, by jej przedmiot w pełni podporządkować rozumowi, to zwykle okazuje się ona w pewnym zakresie niepotwierdzalna empirycznie. Z drugiej strony, gdy chcemy uzyskać jej empiryczną potwierdzalność w całym postulowanym zakresie, to zwykle teoria taka rozpada się w szereg teorii cząstkowych, wzajemnie niespójnych i sprzecznych. Możliwe są także przypadki pośrednie. Sięgnijmy jednak do przykładów.

Arthur Koestler przedstawia stan mechaniki przed Newtonem w sposób następujący: „Najważniejszymi były Keplerowskie prawa ruchu ciał niebieskich i Galileuszowe prawa ruchu ciał na ziemi. Te dwa elementy nie pasowały jednak do siebie. (...) Według Keplera planety poruszały się po elipsach, według Galileusza – po kołach. (...) 'Wszystko-ć było w kawałkach, bez spójni nijakiej'²⁷. Spójnię wprowadził Newton.

Dziś wiadomo powszechnie, że Galileusz sformułował prawo swobodnego spadku, jednakże przez dziesięciolecia pracował on głównie nad ogólną teorią ruchu. Pragnął ogarnąć rozumem całość ruchu. W swoim czasie podjąłem próbę zrekonstruowania zmagania Galileusza z substancją ruchu mechanicznego²⁸.

Galileusz nigdy nie zaakceptował elips Keplera gdyż przyjmował, że planety poruszają

²⁷ Arthur Koestler, *Lunacy. Historia zmiennych poglądów człowieka na wszechświat*, przekład Tomasz Bieroń, Poznań 2002, s. 495-496

²⁸ Roman Matuszewski, *On Galileo's theory of motion: an attempt at a coherent reconstruction*, International Studies in the Philosophy of Sciences, vol. 1, No 1, 1986, s. 124.

się ruchem bezwładnym, a więc według jego teorii ze stałą prędkością po okręgach. Ze złożenia kołowego ruchu bezwładnego po okręgach i jednostajnie przyspieszonego do centrum Ziemi – rzut ukośny w teorii Galileusza – powstawała specyficzna krzywa, która tylko w przypadku ruchów lokalnych w pobliżu powierzchni Ziemi mogła w przybliżeniu obrazować realny tor ruchu ciała wyrzuconego ukośnie.

Galileusz nie wydzielił sił grawitacji, stąd takie a nie inne ujęcie ruchu; ruch planet po okręgach był dla niego ruchem naturalnym, zachodzącym zgodnie z zasadą bezwładności. Każda próba dopasowania budowanej teorii na przykład do ustaleń Keplera czy pomiarów Tychona de Brache nieuchronnie prowadziła do jej rozpadu. Galileusz nigdy nie uporał się z tymi problemami.

Przedmiot teorii docelowej (np. ruch mechaniczny, zjawiska elektromagnetyczne, zjawiska cieplne) jest zrazu „pokrywany” kilkoma teoriami cząstkowych, wzajemnie niespójnymi (np. teoria Galileusza i teoria Keplera ruchu planet, wczesne teorie elektryczności i magnetyzmu, teoria ciepła i teoria kinematyczna ciepła), przy czym często jedną z takich teorii czyni się nadrzędną, rozciągając ją na całość zjawisk pewnego rodzaju. Teorie empiryczne konkurują ze sobą, a i tak żadna z nich nie okaże się ostatecznie zwycięska, gdyż zwykle godzi je teoria szersza i głębsza, zharmonizowana z tym, co faktycznie przedstawiła nam rzeczywistość jako możliwe do zrozumienia na aktualnym etapie rozwoju poznania.

Einstein pisał: „To cudowne uczucie, gdy zauważa się jedność w złożonych zjawiskach, które w bezpośrednim doświadczeniu zmysłowym wydają się całkiem różne”²⁹. A także: „...teoria jest tym bardziej przekonująca, im większa jest prostota jej przesłanek, im więcej jest rodzajów zjawisk, jakie może z sobą połączyć, oraz im rozleglejszy jest zakres jej zastosowań.”³⁰

W toku badań empirycznych bywa więc wyodrębniany pewien zespół obiektów i zjawisk, jakoś ze sobą powiązanych, często współwarunkujących się, dla którego poszukuje się jednolitego wyjaśnienia (np. odrębnie rozpatrywane zjawiska elektryczne i magnetyczne na długo przed Maxwellem i badania, prowadzące do jednolitej elektrodynamiki Maxwella, łączącej zjawiska elektryczne i magnetyczne).

Swobodnie mówiąc, „unoszącą się przesłanką” i ostatecznym celem umysłu w badaniach bezpośrednio empirycznych jest zawsze pewna całość, dobrze, gdy wyodrębniająca się w przyrodzie, dla której fizyk poszukuje teorii pozwalającej na zrozumienie wszystkich powiązanych ze sobą obiektów i zjawisk. W momencie znalezienia

²⁹Zgodnie z <http://www.aip.org/history/einstein/> (History Center of American Institute of Physics), przekład R. Matuszewski

³⁰ Alice Calaprice, *Einstein w cytatach*, przeł. Marek Krośniak, Warszawa 1997, s. 186.

odpowiedniej teorii całość tę reprezentuje przedmiot teorii, nie zawsze zresztą dobrze określony (np. przedmiot elektrodynamiki klasycznej). Często możliwe się staje także skonstruowanie ogólnego modelu przedmiotu teorii.

Poprawne wyodrębnienie i zrozumienie pewnej dziedziny zjawisk umożliwia ostatecznie sama rzeczywistość swoim pozytywnym odzewem, wydzielając pewien fragment świata, w którym umysł może się rozgościć i z którym rozum może się zharmonizować. Prostomyślnie sądzi się, że osiągnięty zostaje wtedy istotny postęp na drodze do pożądanego przez umysł zrozumienia całej rzeczywistości.

Całościująco-konstruktywne właściwości umysłu przejawiają się w ogólnej teorii względności inaczej niż w przypadku teorii powstających dopiero z chaosu danych empirycznych. Zapewne jeszcze inaczej przejawiają się w syntezach dokonanych przez Heisenberga czy Schrödingera, tworzących mechanikę kwantową. Zawsze jednak są one podstawą zrozumienia czegoś ze świata. Umysł nie odbija biernie zrozumiałego świata, lecz aktywnie go współtworzy wydobywając to, co może być rozumiane i licząc w tym na spolegliwą współpracę rzeczywistości.

Można sądzić, że aspekt kreatywności (konstruktywności) umysłu jest kluczowy. Jak pisze Pais: „Tuż przed śmiercią Einstein powiedział, że zawsze wierzył, iż wymyślanie pojęć naukowych i wykorzystywanie ich do konstruowania teorii stanowi jedną z twórczych zdolności ludzkiego umysłu. Przeciwstawiał się w ten sposób opinii Macha, który zakładał, że prawa nauki to tylko zwięzły sposób opisanie dużych zbiorów faktów.”³¹

Wydobyte jako świat fizyki może zostać to tylko, nad czym człowiek – działając w świecie i pragnąc go zrozumieć – zdolny jest zapanować współstwarzającą myślą.

Aktywność przetwarzająca

Drugą równie ważną stroną poznawczego stosunku człowieka do przyrody jest nasza aktywność w świecie, powiązana z konstruowaniem przyrządów pomiarowych oraz z przygotowaniem i przeprowadzaniem eksperymentów. Bez tej aktywności obserwacyjno-eksperymentalnej, z jednej strony poprzedzającej próby zrozumienia, z drugiej zaś sprawdzającej jakość rozumienia, nowożytnie nauki przyrodnicze nie mogłyby w ogóle zaistnieć.

Kant pisał: „Galileusz stoczył kule po pochyłej płaszczyźnie z szybkością, którą sam wyznaczył, Torricelli kazał powietrzu utrzymać ciężar, który sam z góry obliczył, twórcy chemii wedle własnego planu ujmowali i zwracali metalom poszczególne składniki; wtedy

³¹Abraham Pais, *Pan Bóg jest wyrafinowany*, op. cit., s. 286-287.

pojęli, że *rozum to tylko rozumie, co sam wytwarza wedle własnej inicjatywy* [podkreślenie – RM]³². Stwierdzenie o przełomowym wręcz znaczeniu! W tym miejscu przytoczyłem w kontekście, w którym Kant je umieścił w swojej *Krytyce czystego rozumu*. Spróbujmy przyjrzeć mu się trochę dokładniej.

Zauważmy, że Galileusz mógł na przykład staczać odpowiednio przygotowane przedmioty po wygładzonej, ukośnie ustawionej desce z twardego drewna z prędkościami i przyspieszeniami, które „sam wyznaczył”, gdyż – pracując nad teorią ruchu ciał po równi pochyłej - uprzednio przekształcił pewne obiekty bezpośrednio zmysłowe (np. kamień przydrożny i chropowatą deskę) w prawie idealną kulę i w miarę gładką płaszczyznę, dlatego właśnie, by przynajmniej w pewnym zakresie móc nad staczaniem się kuli zapanować myślą i mieć pewność, że pytanie, zadane przyrodzie, nie zostanie przez nią zignorowane lub odrzucone. Myśl Galileusza nadal nie panuje w pełni nad kamieniem, z którym przeprowadza on eksperyment; zapanowała tylko nad kulistością kamienia i jego samoistnym staczaniem się po ukośnej, wygładzonej, twardej powierzchni. Zadawane przez Galileusza pytania nie dotyczą zindywidualizowanych obiektów bezpośrednio zmysłowych, lecz tego tylko, nad czym w tych obiektach rozum może zapanować konstruktywną myślą, i co ma pewien ogólniejszy wymiar.

Kant zdaje się nie uwzględniać faktu, że konieczne było rozumne przygotowanie samego eksperymentu związane z zaprojektowaniem i budową odpowiedniego układu, przy czym zawsze jednym z fundamentów tego rozumnego przygotowania eksperymentu jest pewna wcześniejsza wiedza empiryczna także uwarunkowana aktywnością przetwarzającą człowieka. W fizyce nowożytnej istnieje przesunięcie fazowe na rzecz tej aktywności.

Rozum to tylko zrozumie, w czym może rozgościć się umysł własną naturą, dlatego układ eksperymentalny musiał zostać wcześniej odpowiednio przygotowany. Umysł – sterując bezpośrednią aktywnością przetwarzającą – staje się zdolny do zagospodarowania się w tym, czego wydobyciem odpowiednio pokierował, by wprowadzić tam rozum. Kant: „Zwraca się on do przyrody, aby od niej być pouczonym, wszakże nie jako uczeń, lecz jako sędzia, który ma prawo zmuszać świadków, aby mu odpowiadali na jego pytania”³³. Jednak ze względu na konieczną wcześniejszą aktywność przetwarzającą to „zmuszanie świadków” bardziej przypomina wymuszanie zeznań torturami, przeprowadzanymi na żywym ciele stawiającej opór rzeczywistości (musimy przecież trochę się napracować, zanim zbudujemy układ eksperymentalny), aniżeli łagodną perswazję sędziego, któremu z samej jego natury należy się właściwa odpowiedź. Przy czym ciekawe jest, że „torturowana” rzeczywistość w ogóle chce z nami współpracować.

³² Immanuel Kant, *Krytyka czystego rozumu*, op. cit.

³³ Ibidem.

Nie wiemy jednak, czy nas nie zwodzi.

W fizyce nowożytnej istotne wydaje się utrzymanie na „kotwicy” eksperymentalno-obszaryjnej nawet najbardziej zaawansowanego myślenia teoretycznego.

W kontekście dotychczasowych rozważań stwierdzenie Kanta, że „rozum to tylko rozumie, co sam wytwarza wedle własnej inicjatywy” można byłoby rozwinąć następująco: `rozum to tylko rozumie z przyrody, co podmiot poznający zrozumiałego z niej wydobył przetwarzając pewne obiekty pod kontrolą umysłu, sterującego aktywnością przetwarzającą odpowiednio do swych możliwości rozumienia’.

Jedno z innych nie mniej sławnych twierdzeń Kant sformułował następująco: „Warunki możliwości doświadczenia są zarazem warunkami możliwości przedmiotów tego doświadczenia”³⁴.

Dostrzegam ogólną poprawność tego twierdzenia. Jednak „doświadczenie” u Kanta jest jakieś nierealne. Trzeba je zastąpić pojęciem eksperymentu nowożytnego, w powiązaniu z totalną aktywnością poznawczą człowieka, nie tylko myślową. Przy czym w przypadku fizyki makroświata (np. fizyki Galileusza czy Newtona, także elektrodynamiki makroskopowej) twierdzenie to zdaje się nie ujawniać całej swojej mocy. Ujawnia ją dopiero w odniesieniu do fizyki mikroświata. Można wtedy na przykład zadać pytanie następująco: czy warunki możliwości eksperymentalnego badania elektronu są zarazem warunkami możliwości zaistnienia samego elektronu jako obiektu fizyki? I jak ten obiekt fizyki ma się do rzeczywistości?

Wiele z tych problemów konkretniej już podejmuję w rozdziałach, w których omawiam dzieje fizyki.

³⁴ Ibidem.

4. Podstawy teorii poznania i poznawania

Wprowadzenie

Sądzi się, że proces poznawania jest wtedy poprawny, gdy prowadzi do wiedzy prawdziwej. Przy czym często stosuje się tzw. klasyczną definicję prawdy, zgodnie z którą - swobodnie mówiąc - prawda to zgodność myśli (sądu) z rzeczywistością. Formuluje się przy tym różnorakie kryteria prawdy.

Zadajmy pytanie, czy i jak klasyczna definicja prawdy sprawdza się w naukach przyrodniczych, głównie w fizyce, a także w naukach, dotyczących natury naszej wiedzy?

Zauważmy, że jeżeli w naukach przyrodniczych nie przyjmiemy *a priori* jakiejś wersji tzw. teorii odzwierciedlenia - to nie mamy podstaw, by bezpośrednio odnosić nasze sądy i myśli o przyrodzie do rzeczywistości.

W teorii odzwierciedlenia zakłada się, że rzeczywistość, gdy poprawnie badana, na przykład metodami fizyki nowożytnej, to odbija się w umyśle - w pojęciach, sądach i możliwych wyobrażeniach - jak w zwierciadle. Myślimy więc wtedy wprost o rzeczywistości, nasze sądy i wyobrażenia także dotyczą jej bezpośrednio. Nic nie pośredniczy, oprócz transparentnego zwierciadła umysłu, pomiędzy naszymi myślami a rzeczywistością. Nie potrafimy jednakże oddzielić myśli od tego, co na zewnątrz umysłu, i porównać na przykład naszych sądów i wyobrażeń z rzeczywistością, niezależną od poznającego umysłu. Aby zapewnić sobie zgodność sądów z rzeczywistością musimy więc zadbać o poprawność metodologiczną naszych badań, która byłaby tu kluczem do prawdziwości sądów. Przy czym zakładamy, że może zdarzyć się, iż chwilowo mamy do czynienia z prawdą cząstkową, ale wierzymy, że w granicy poznania (np. w ramach Wielkiej Teorii Wszystkiego) dotrzemy do sedna rzeczywistości.

Teoria odzwierciedlenia bywa prostomyślnie przyjmowana przez wielu fizyków, także filozofów, jednakże nie wszystkich, lecz jak się okaże, pewne nieklasyczne podejście, na przykład takie, jak prezentowane w tej książce, może okazać się zdecydowanie ciekawsze, wszechstronniejsze i głębsze.

Załóżmy, że rację miał Władysław Natanson, gdy pisał: „Nasze pojęcia nie mówią o porządku istniejącym w Naturze; mówią o porządku, który ażeby móc myśleć o niej, narzucamy Naturze. Pojęcia nasze rozpowiadają ład zjawisk; lecz zanim go poczną rozgłaszać, zdejmują z nich sztuczne widoki...” [s. 327]. Natanson zdaje się sugerować, że aby w ogóle móc myśleć o Naturze, narzucamy myśl rzeczywistości, kreując dający się myśleć świat.

Jeżeli więc jest tak, jak pisze Natanson, to klasyczna definicja prawdy nie ma

zastosowania w naukach przyrodniczych, gdyż nasze myśli czy sądy nie dosięgają Natury (czy rzeczywistości) z zasady. Wydaje się jednak, że podejście Natansona nie jest w pełni poprawne, gdyż zakłada on, że w naszych teoriach przyrodniczych nie ma śladu rzeczywistości, a jest tylko umysł, narzucający się Naturze i traktujący ją jedynie jako pretekst do wykreowania myśli. A tymczasem może być tak, że dający się myśleć świat jest jakimś dostępnym człowiekowi przejawem rzeczywistości.

Do czego dążymy w naukach przyrodniczych? Możliwość myślenia o przyrodzie nas nie zadowala. Dążymy do zrozumienia przyrody. Dzieje fizyki to podejmowane wciąż od nowa, zwykle nietrafione, próby jej zrozumienia, w części lub w całości. Czasami udaje się osiągnąć częściowy sukces. Ale i wtedy, parafrazując jedno z przytoczonych powyżej twierdzeń Natansona, można byłoby sądzić, że 'nasze rozumienie przyrody nie mówi o porządku, istniejącym a Naturze; mówi o porządku, który, ażeby móc rozumieć Naturę, narzucamy jej.'

Rozum nie może zrozumieć niczego ponad to, do zrozumienia czego jest zdolny sam z własnej natury, wytwarzając odpowiednie pojęcia i – jeżeli jest rozumem nowożytnego fizyka - próbując ujmować nimi przyrodę. Rozum posiada pewną swoistą formę. W jednym z dalszych rozdziałów formę tę omówię szczegółowiej. Tutaj zakładam *ad hoc*, że owa forma, odnosząc się do jakiegoś przedmiotu i generując pojęcia umożliwiające powstanie rozumiejącej myśli, równocześnie dynamicznie całościuje i spaja wszystko, co z własnej inicjatywy wytwarza. Jeżeli coś jest poprawnie rozumiane, to w ramach pewnego spójnego i niesprzecznego systemu pojęć.

W fizyce nowożytnej rozum nie może jednakże nakładać swoich wytworów na rzeczywistość w sposób dowolny. Jest związany formą hipotetyczno-eksperymentalną, która kontroluje jego poznawcze inicjatywy. Stąd poprawne teorie fizyki nowożytnej nie są niezależnymi czy dowolnymi konstrukcjami rozumu. U ich podstawy leży ruch od empirii, poprzez hipotezę, do eksperymentu sprawdzającego.

W kontekście przytoczonego już twierdzenia Kanta, zgodnie z którym "...rozum to tylko rozumie, co sam wytwarza wedle własnej inicjatywy", można powiedzieć, że w fizyce nowożytnej występuje dodatkowo pewna forma związania rozumu, która - gdy poprawnie zorganizuje inicjatywy poznawcze człowieka - to może zapobiec wytworzeniu przezeń pozoru wiedzy i odlotowi w czyste spekulacje.

Wprowadzam pojęcie podmiotowej formy rozumiałości jako tego, co bywa nakładane przez człowieka, pragnącego rozumieć, na wszystko, co może być rozumiane z rzeczywistości, a co ostatecznie okazuje się wydobytym światem (np. fizyki).

Gdy zdarza się, że rzeczywistość (fizyczna) pozytywnie odpowiada na poznawcze zapytanie rozumu, związanego formą hipotetyczno-eksperymentalną, z rzeczywistości

wydobywany jest zrozumiały świat fizyki - przedmiot odpowiedniej teorii fizycznej - jako podległy, poprzez odpowiednią teorię fizyczną, podmiotowej formie zrozumiałości.

Reasumując rozum sam ze swej natury posiada pewną formę sprawiającą, że jeżeli coś jest poprawnie rozumiane, to w ramach pewnego dynamicznego, spójnego i niesprzecznego systemu wiedzy. Jednakże forma ta sama z siebie może prowadzić do systemów wiedzy pozornej. W fizyce nowożytnej odłotowi rozumu w pozory wiedzy zapobiega forma hipotetyczno-eksperymentalna. Gdy w procesie poznawania przyrody wydobywany jest zrozumiały świat fizyki, to podlega on podmiotowej formie zrozumiałości, będącej formą rozumu, pozostającą na uwięzi formy hipotetyczno-eksperymentalnej.

Pytanie podstawowe

Pytanie, sformułowane poniżej, konstytuuje pewną szczególną teorię poznania, w ramach której możliwe jest głębokie i efektywne podjęcie zagadnienia stosunku myślenia do bytu.

Albert Einstein stwierdził kiedyś: „Odwieczną zagadką świata jest jego zrozumiałość. (...) Fakt, że jest on zrozumiały, stanowi wręcz cud”. Jest to często parafrazowane jako: „Najbardziej niezrozumiałą rzeczą dotyczącą Wszechświata jest to, że jest on zrozumiały.”³⁵

Pytam o to, jak można zrozumieć pewną przynajmniej zrozumiałość świata, nie stwarzając jedynie pozoru wiedzy na ten temat?

Rozumieć zrozumiałość świata można na wiele sposobów. Każda ze spójnych koncepcji, swoicie odpowiadając na pytanie, jak realizuje się nasze poznanie, pozwala rozumieć, dlaczego świat może być zrozumiały. Co jednak wybrać i na jakiej podstawie? Rzucając monetą? A może istnieje głębsze rozwiązanie, pozwalające także na racjonalną analizę zasadności różnorodnych stanowisk?

Istotnym odniesieniem poprawności rozumienia jest w dziedzinie wiedzy o wiedzy żywy akt poznania. Winien on poprzedzać każdą teorię, dotyczącą natury poznania. Twórca teorii poznania powinien sam doświadczać rzeczywistości poznań w ich głębokim wymiarze i na tym budować. Teorię taką powinno się więc budować, by tak rzec, z wnętrza aktów poznania. Gdy ponadto sprzyjać ona będzie realizowaniu się takich aktów, wówczas można przyjąć, że teoria taka jest przynajmniej poprawna. Gdy blokuje ich powstawanie i słyca przy tym umysły, jest błędna i szkodliwa.

Rzecz idzie więc o to, jak można poprawnie zrozumieć (pewną przynajmniej)

³⁵ Alice Calaprice, *Einstein w cytatach*, op. cit., s. 197.

rozumiałość świata. Przy czym poprawną formą związania rozumu w dziedzinie wiedzy o wiedzy, zapobiegającą jego odlotowi w sferę czystych spekulacji, byłaby forma sprzyjająca realizowaniu się rzeczywistych aktów poznania.

Zrozumieć rozumiałość świata

Podając problem rozumiałości świata musimy siodłać Gombrowiczowskiego "konia filozofii" ostrożnie i umiejętnie, by później z niego nie spaść.

Przyroda, gdy poddawana rozumowi, może być ujmowana przezeń na różne sposoby. Jako przykłady takich różnych ujęć można byłoby podać rozwiązania Jońskich Filozofów Przyrody, Demokryta, Heraklita, Arystotelesa, Galileusza, Newtona, i wielu, wielu innych.

Ogólnie biorąc wiadomo, co jest jednym z ważnych warunków poprawnego rozumienia przyrody (czy poprawną formą związania rozumu w tej dziedzinie): naturalny ruch od empirii, poprzez hipotezę, do jej empirycznego sprawdzenia. Ruch ten uniezależnia sposób rozumienia przyrody od woli człowieka lub nie dających się skontrolować złudzeń na temat natury poznania, a także wielu innych czynników, wyradzających poznanie.

Jednakże sama forma ruchu hipotetyczno – eksperymentalnego jedynie gwarantuje, że nasze rozumienie przyrody może być w miarę poprawne (choć niekoniecznie trafione). Potrzeba czegoś więcej: teorii poznania, która nie tylko spróbuje wyjaśnić naturę naszego stosunku poznawczego do przyrody, ale spowoduje także urzeczywistnienie podmiotu poznającego jako nowożytnego fizyka (czy ogólniej: kompetentnego badacza przyrody).

Urzeczywistnisz się zaś jako fizyk, gdy będziesz (potencjalnie) zdolny do zrealizowania poznania wglądem, przezroczystym dla samoświadomości, z intuicyjnym wyczuciem zależności (jak pisał Heisenberg), w sposób, prowadzący do poprawnego zrozumienia jakiejś wyodrębniającej się części przyrody. Urzeczywistnisz się w pełni jako fizyk nowożytny (a taką pełnię urzeczywistnienia musimy założyć w teorii poznania), gdy będziesz potencjalnie zdolny do dokonania odkryć na miarę Galileusza, Newtona, Faradaya-Maxwella, Einsteina, Heisenberga, Feynmana, itp. Co oczywiście nie znaczy, że znajdziesz się w odpowiednim miejscu i czasie (czy odpowiedniej sytuacji problemowej), by tego rodzaju odkrycia dokonać.

W rozdziale dotyczącym szczególnej teorii względności daję ci szansę sprawdzenia się. Podprowadzam cię do bram teorii względności, sugerując, że oto znajdujesz się w sytuacji problemowej Einsteina i zachęcając cię do samodzielnego uchwycenia istoty szczególnej teorii względności. Z tego, co mi wiadomo, to działa!

Żądając od teorii poznania, by zdolna była urzeczywistnić na przykład adepta studiów fizycznych, i proponując poprawne rozwiązania teoriopoznawcze, moglibyśmy uniknąć w

ten sposób wszechobecnym pozorów wiedzy w dziedzinie teorii poznawania przyrody.

Sądzę, że ktoś, kto zrozumie teorię poznania, prezentowaną w tej książce, ma szansę stania się fizykiem pełnokrwistym, podobnym w tym na przykład do Bohra, Einsteina, Natansonsona czy Feynmana.

Jeżeli powstanie „urzeczywistniająca” teoria poznania, to w jej ramach możliwe będzie poprawne zrozumienie faktu zrozumiałości świata oraz odniesienie się do wszelkich innych, jednostronnych koncepcji natury poznania z ukazaniem ich ograniczeń i źródeł przekłamań.

Zrozumiały świat fizyki a rzeczywistość

Pojęcie wydobywania zrozumiałego świata z rzeczywistości

We *Wprowadzeniu* cytowałem wypowiedzi kilku fizyków, którzy osiągnęli pewne przełomowe wyniki. Ciekawe i charakterystyczne jest to, że niewiele mieli oni do powiedzenia na temat dróg, które doprowadziły ich do odkrycia. Mówią o intuicji czy intuicyjnym wyczuciu zależności, jasnym świetle, ogarniającym całość, i tym podobnych sprawach. Nie potrafią nic konkretnego powiedzieć na temat momentu odkrycia.

Można zapytać, jakie są nasze władze poznawcze i jaki jest sposób ich zorganizowania się w momencie przezroczystego dla samoświadomości aktu poznania? Zauważmy jednak: ewentualna odpowiedź na te pytania nie może wypływać z badań bezpośrednio empirycznych, gdyż nie mamy dostępu do wewnątrz umysłowych (nie: wewnątrz mózgowych!) „faktów”, mających ewentualnie miejsce gdzieś w tle świadomości w momencie odkrycia. Jak się okaże, pewne podstawy urzeczywistniającej teorii poznania możemy jedynie zbudować apriorycznie. Jak to zrobić, by nie popaść w jałowe spekulacje? Piszę na ten temat w jednym z dalszych podrozdziałów.

Założmy, że udało się nam uzyskać sensowną wiedzę na temat natury naszych władz poznawczych (świadomości, umysłu, rozumu, intelektu, zmysłowości, aktywności przetwarzającej w świecie) w ich wzajemnych związkach i odniesieniach do świata przyrody. Możemy zbadać właściwości tych władz oraz sposób, w jaki z ich pomocą ujmujemy przyrodę. I wtedy może okazać się, że te nasze władze poznawcze są w pewien sposób ograniczone. Mogą nie wystarczać dla poznawczego ujmowania rzeczywistości „w sobie”.

J. R. Oppenheimer, wybitny fizyk, kierownik projektu Manhattan, w ramach którego zbudowano pierwszą bombę atomową, w jednym z przemówień, wygłoszonym w 1945 roku stwierdził, że język ludzki ma swoje ograniczenia, że ludzie posługują się pojęciami, które tylko w przybliżeniu odpowiadają rzeczywistości. Przy czym można sadzić, że idzie o

coś szerszego i bardziej podstawowego: o swoiście ludzkie władze poznawcze, w tym rozum, intelekt, zmysłowość, a także - lecz dopiero w drugim planie - o właściwości i ograniczenia języka.

Badając poznawcze właściwości człowieka posiąść możemy narzędzie intelektualne, pozwalające na głębszą analizę zagadnienia natury naszej wiedzy, i na przykład na odrzucenie realizmu czy idealizmu albo akceptację któregoś z tych rozwiązań. Można będzie także zaproponować wyważone rozwiązanie swoiste, nie będące żadną z tych skrajności. Za takim swoistym rozwiązaniem ostatecznie się opowiem.

Przyjmuję, że 'człowiek to tylko rozumie, co rozum wytworzył wedle własnej inicjatywy i na miarę swoich możliwości' (por. odpowiednie twierdzenie Immanuela Kanta). Ma to miejsce także wtedy, gdy rozum funkcjonuje poprawnie w dziedzinie na przykład nowożytnego przyrodoznawstwa. A także gdy funkcjonuje poprawnie w dziedzinie teorii poznania.

Jak rozum funkcjonuje w dziedzinie poznawania przyrody i co jest zdolny wytworzyć z własnej inicjatywy? Czy nasze możliwości ujmowania przyrody są jakoś ograniczone formą rozumu?

Niels Bohr: "Jest błędem myśleć, że zadanie fizyki polega na stwierdzeniu, jaka jest natura. Fizyka zajmuje się tym, co możemy powiedzieć o naturze [może najpierw: pomyśleć o naturze? - RM]. Tak było zawsze, ale nigdy przedtem fizycy nie mieli okazji, żeby się o tym tak dobitnie przekonać."³⁶

Wobec powyższego trzeba wstępnie założyć, że umysł wydobywa zrozumiąły świat z rzeczywistości w dostępnym mu zakresie i na miarę swoich właściwości. Kluczowym pojęciem jest wydobywanie zrozumiąłego świata z rzeczywistości niezależnej. Możemy dalej zapytać, czy wydobywany świat może być zbieżny z rzeczywistością? A także czy rozum jest zdolny do ogarnięcia rzeczywistości „w sobie”, lub czy może ona się jakoś ujawniać czy przejawiać?

Pojęcie wydobywania świata z rzeczywistości niezależnej dotyczy także teorii poznania. Budując teorię poznania wydobywamy z rzeczywistości aktów poznania świat odniesień poznawczych umysłu i rzeczywistości. I tylko wtedy, gdy podstawą teorii poznania uczynimy te rzeczywiste akty poznania, budując teorię poznania na nich i dla nich, teoria taka będzie mogła dosięgać rzeczywistości aktów poznania.

Pytanie, jak można poprawnie zrozumieć zrozumiąłość świata, może zaowocować teorią formy zrozumiąłości świata, jako tego, w czym wszystko, co zrozumiąle z przyrody, musi się pomieścić. Możemy wtedy podjąć zagadnienie ujawniania się, przejawiania lub

³⁶ Wg James Gleick, *Geniusz...*, op. cit. s 244

autoprezentacji rzeczywistości poprzez pryzmat formy zrozumiałości świata.

W dalszych częściach książki testuję, w dziedzinie historii fizyki, wcześniej skonstruowaną teorię władz poznawczych człowieka, w sposób, prowadzący – jak sądzę – do głębszego zrozumienia pewnych faktów z dziejów fizyki. Wydaje się, że rozwijana tutaj teoria poznania wnosi także coś istotnego w samą fizykę! A jeżeli tak, to nazwanie tego jej aspektu *meta-fizyką* może mieć głęboki sens.

Poznawanie jako wydobywanie zrozumiałego świata

Na pytanie o to, jak można zrozumieć pewną przynajmniej zrozumiałość świata, wstępnie odpowiadam następująco:

Pomiędzy tym, co uświadamiamy sobie jako zrozumiały świat, a rzeczywistością, niezależną od naszej zdolności rozumienia, pośredniczy podmiot poznający z całym swoim wyposażeniem poznawczym, który – stając się i poznając – wydobywa z rzeczywistości aktami poznania zrozumiały świat (także obiekty lub fragmenty świata) na miarę swoich możliwości rozumienia i w zakresie, w którym możliwości te napotykają na pozytywny odzew rzeczywistości.

Poniżej rozwijam to stwierdzenie.

Przyjmuję *a priori*, że umysł (np. fizyka) w momencie wglądu (czy "intuicyjnego wyczucia zależności" - Heisenberg) – by zrozumieć TO, w CO wejrzał – musi mieć możliwość zagospodarowania się w TYM naturą całościującą konstruktywności rozumu.

Pole wglądu odsłaniane jest przetwarzającą aktywnością podmiotu w świecie (np. aktywna obserwacja, eksperyment). Aby możliwe było zrozumienie, powinno nastąpić swoiste „dopasowanie się” natury rozumu i tego, co odsłaniane jest aktywnością przetwarzającą.

Zdarza się, że rzeczywistość pozytywnie „odpowiada” na swoiste naciski umysłu, pragnącego osadzić w niej rozum i tak sterującego totalną aktywnością poznawczą, by to „osadzenie” stało się możliwe. Możliwy wtedy staje się wgląd i „cud zrozumienia”.

Jednakże - ze względu na swoistość naszych władz poznawczych - zrozumienie to nie musi dosięgać rzeczywistości niezależnej. Dlatego wstępnie trzeba przyjąć, że podmiot, jako strona aktywna w poznawaniu, wglądem wydobywa z rzeczywistości niezależnej, na miarę swoich możliwości poznawczych, zrozumiały świat (jego obiekty lub fragmenty), różny od rzeczywistości.

W momencie wglądu owocującego zrozumieniem rzeczywistość „wydziela” ze swej nieokreśloności bytu-w-sobie to, co może pomieścić się całe w jakimś szczególnym

przypadku podmiotowej formy zrozumiałości.

Ze względu na całościujące i konstruktywne właściwości rozumu wydobyty świat (na przykład przedmiot jakiejś teorii fizycznej) jest wyodrębniającą się całością. Odpowiednia teoria wydobytego fragmentu świata może być poprawna, gdy jest wewnętrznie spójna i logicznie niesprzeczna.

W odniesieniu do wydobytego świata ma zastosowanie tzw. koherencyjna teoria prawdy. Teoria wydobytego fragmentu świata bywa prawdziwa (a może lepiej byłoby powiedzieć: poprawna), gdy została skonstruowana przez rozum, pozostający na uwięzi formy hipotetyczno-eksperymentalnej, jako wewnętrznie spójna i logicznie niesprzeczna.

Często się mówi, że poprawna (czy prawdziwa) teoria powinna być prosta i piękna. Otóż prostota i piękno teorii to w istocie piękno bezpośrednio rozumiejącego umysłu, któremu udało się w możliwie prosty sposób zharmonizować z tym, co w momencie poznania wydzieliła rzeczywistość jako fragment zrozumiałego świata.

Heisenberg, relacjonując pewną dyskusję z Paulem Dirakiem, użył mimochodem określenia „wydobywanie praw przyrody” – cytuję: „O tym, że w procesie takim w końcu powstają lub, jak to wolałbym powiedzieć, zostają wydobywane na jaw proste prawa przyrody, Paul również był mocno przekonany”³⁷ – jednak zdaje się on przyjmować, że wydobyte prawa przyrody bezpośrednio dotyczą rzeczywistości, co nie musi być prawdą. Pisał: „Jeśli chodzi o przyrodę, wierzyłem jednak święcie w to, że powiązania jej są ostatecznie proste; przyroda jest, byłem przekonany, taka, że można ją zrozumieć. A może powinienem raczej powiedzieć odwrotnie, że nasza zdolność myślenia jest taka, że może zrozumieć przyrodę?”³⁸ To jednak właśnie nie jest pewne i powinno zostać zbadane.

Można by rzec za Natansonem, że `nasze pojęcia dotyczące przyrody nie mówią wprost o rzeczywistości; mówią o porządku, który, ażeby móc rozumieć przyrodę, staramy się narzucać rzeczywistości.’ Umysł spekulujący to narzucanie się rzeczywistości może przyjąć za regułę. Jednakże pełnokrwisty fizyk zechce uzyskać od samej rzeczywistości potwierdzenie poprawności swojego rozumienia, wykona więc pewne eksperymenty sprawdzające.

I zdarza się, że rzeczywistość czasami, choć nie zawsze, pozytywnie odpowiada na te nasze usiłowania poznawcze. Częściej jednak ulegamy złudzeniu, że otrzymaliśmy pozytywną odpowiedź (np. teoria ruchu Galileusza, teoria ciepłota, teoria eteru). Dzieje fizyki to w zdecydowanej większości nietrafione próby zrozumienia przyrody.

³⁷ Werner Heisenberg, *Część i całość*, przeł. Kazimierz Napiórkowski, PIW 1987, s. 135.

³⁸ Ibidem, s. 135

Meta-fizyczny aspekt teorii poznania

W powyższym kontekście stosunek naszej wiedzy do rzeczywistości może być rozpatrywany dwuetapowo. Po pierwsze, można określić warunki niezbędne dla zrozumienia czegokolwiek ze świata (ujmując je łącznie w formę zrozumiałości świata), po drugie – gdy forma ta jest już określona – można podjąć problem przejawiania się czy ujawniania rzeczywistości poprzez tę formę.

Pomiędzy teorią poznania a ontologią (powiedzmy, że nauką o tym, co i jak istnieje rzeczywiście, niezależnie od poznającego podmiotu) powinna więc pośredniczyć pewnego rodzaju wiedza, dotycząca podmiotowych form umożliwiających swoiście ludzkie poznanie (czy konkretniej: pewne przynajmniej zrozumienie przyrody). W ramach tej wiedzy można podjąć problem przejawiania się czy ujawniania rzeczywistości poprzez te formy.

Fizyka z pewnością chciałaby docierać do rzeczywistości. W ramach rozwijanej tutaj teorii poznania uzyskuje się nowe narzędzie, mogące przybliżyć realizację tego celu. Nasze myślenie o przyrodzie odbywa się w obrębie pewnej formy. Próbując docierać do rzeczywistości trzeba byłoby szukać tego wszystkiego w fizyce, co jest od tej formy niezależne.

Nie trzeba a priori zakładać, że zwierciadło umysłu jest transparentne. Nie musi być takim. Można będzie określać jego właściwości.

Metafizyka w źródłowo Arystotelesowskim znaczeniu filozofii pierwszej zwykle źle kojarzy się współczesnemu przyrodnikowi. Jest on skłonny przypuszczać, że jest to co najwyżej spekulatywna pseudonauka o nadmiernych aspiracjach, bez jakichkolwiek wartości dla warsztatu rzetelnego badacza przyrody. Jednakże *meta-fizyka* (zauważ zmianę pisowni!) może być także czymś innym; czymś na podobieństwo *meta-matematyki*. I o coś takiego tutaj idzie.

Odpowiednio rozumiana *meta-fizyka* byłaby nauką, sytuującą się u podstawy nauk nowożytnych, gdyż obejmowałaby to wszystko, w czym są one zakorzenione i z czego wyrastają, całe to podglebie warunkujące ich naturalne powstanie i rozwój. Byłaby więc wyrazem tego, co usytuowane jest przed na przykład fizyką, jaką znamy i prostomyślnie rozwijamy, jako nieuchwytny bezpośrednio empirycznie fundament.

Parafrazując Kanta można powiedzieć, że *meta-fizyka* byłaby 'krytyką prostomyślnego poznania nowożytnego'. I jeżeli słuszna jest uwaga Kanta (*Krytyka czystego rozumu*), że jego metafizyka posiada filozoficzny status analogiczny do tego, co teoria Kopernika w fizyce, to prezentowane w tej książce analizy *meta-fizyczne* bliższe byłyby w ramach podobnej analogii fizyce galileuszowo-newtonowskiej, niż systemowi Kopernika.

Jeżeli analizy *meta-fizyczne* przyniosą jakieś pozytywne efekty, wówczas będzie można przystąpić do budowy ontologii jako nauki o samej już rzeczywistości. Pewne

nasze pojęcia, sądy, myśli będą mogły wtedy dotyczyć wprost rzeczywistości, a nie wydobytego z niej świata. Być może będzie można także mówić o odzwierciedlaniu rzeczywistości w pojęciach, choć pomiędzy jej obrazami w zwierciadle umysłu a rzeczywistością pośredniczyłoby jeszcze bardzo skomplikowane narzędzie teoretyczne, nazywane przeze mnie podmiotową formą zrozumiałości, wyrażające budowę tego zwierciadła. Nie uprzedzajmy jednak toku analiz.

Pojęcie prawdy a nauki przyrodnicze

Prawda bezwzględna w naukach przyrodniczych

Władysław Natanson pisał: "Poznać, co jest, i poznać, jak jest; w tym streszcza się zadanie całej nauki." [s. 44]. Skonkretyzujmy trochę to stwierdzenie.

W powyższym kontekście prawdziwą można byłoby nazwać wiedzę o tym, co i jak jest, istnieje, niezależnie od podmiotowej formy zrozumiałości, jako nie zmodyfikowane przez tę formę. Posłużmy się bardzo znanym przykładem. Prawo $E=mc^2$ nie jest swobodną myślą, niezależnym sądem, itd. Wydaje się (względnie) niezależne od podmiotowych form, umożliwiających rozumienie. Ale jest wiedzą. W prawie tym może być zawarta bezpośrednia wiedza o tym, co i jak jest. Jest ono czymś na kształt prawa empirycznego głębokiego poziomu, możliwego do wykrycia i sformułowania, z wykorzystaniem zasad zachowania, na tle przedmiotu szczególnej teorii względności. Nie wiemy jednakże, czy wiedza ta faktycznie dotyczy już rzeczywistości w sobie, czy tylko rzeczywistość w ten sposób się przejawia w wydobytym i zrozumiałym świecie.

Z drugiej strony przyjrzyjmy się na przykład elektrodynamice klasycznej. Teoria ta całościowo ogarnia pewne zjawiska czyniąc je zrozumiałymi. Można tu mówić o wydobytym z rzeczywistości fragmencie zrozumiałego świata. U podstaw tego świata - u podstaw przedmiotu elektrodynamiki klasycznej - leży zapewne coś rzeczywistego, jednakże to rzeczywiste być może nie ujawnia się bezpośrednio. Jak pisał Władysław Natanson: „Czymże jest elektryczność? Skarżono się, że Maxwell pozostał odpowiedzi nam dłużny; Poincaré ganił lukę w jego teorii, Helmholtz miał orzec, że o elektryczności z dzieła Maxwella dowiedział się tylko, że ona ma pewien symbol. Lecz zapytania o istotę faktów w Naturze są próżne; rozstrzygnięcia – złudne, mniemane. Nie docieramy do treści rzeczywistości; poznajemy tylko przejścia pomiędzy jej pstryimi fazami. Zwycięstwo Maxwella na tym polega, że w tłumie zjawisk znalazł porządek. [...] Myśl ludzka zdobywa świat Stwórcy, gdy uogólnia nagromadzoną wiedzę, wykrywa w niej wiązania i spójnie, gdy tworzy z niej całość.” [s. 283]

Można by pomyśleć, że formułując prawo $E=mc^2$ fizycy dotarli do wrót rzeczywistości,

zaś formułując prawa elektrodynamiki klasycznej niekoniecznie.

Jak jednakże stwierdzić, czy to, co niezależne od podmiotowych form, jest tylko przejawem bytu w sobie i dla siebie, czy już jego „autoprezentacją”? Zjawiska kreacji i anihilacji to przejaw rzeczywistości czy jej autoprezentacja? Czy organizmy żywe to autoprezentacja rzeczywistości? A jeżeli tak, to czy potrafimy je postrzegać jako rzeczywiste (zapewne Henri Bergson mógłby nam w tym pomóc)? Czy podmiot, pozostający w akcie poznania, to realny kęs rzeczywistości, czy tylko jej swoiście ludzki przejaw? Itd., itp.

Poprawność poznawcza w naukach przyrodniczych

Dobre teorie fizyczne, takie jak na przykład mechanika klasyczna, teoria względności, czy klasyczna elektrodynamika, cechuje wewnętrzna spójność.

Panta rei – tak jak zapewne nie ma dwóch identycznych momentów życia biologicznego, tak nie ma dwóch tych samych stanów umysłu (ducha, rozumu). Rozumienie czegoś jest dynamiczne. Musi być przepływ. Czego? Powiedzmy, że „substancji życia”. Nie wiem, czy pojęcie to ma jakiś głębszy sens. Chcę tylko w naszym ułomnym, ludzkim języku wyrazić intuicję, zgodnie z którą – by zaistniała całość organiczna – musi wystąpić pewien czynnik czy zrealizować się spajający ruch, przekształcający układ elementów w podległy całości zestaw części. Rozum musi być żywy, bo inaczej nie będzie rozumem. W tym żywym życiu rozumu rodzi się myśl, zawsze nowa. Żyjąc rozum dba o swoją integralność, co przejawia się wewnętrzną spójnością wszystkiego, co rozumiało.

Tej spójności nie będę definiował. Zauważę tylko, że w naukach przyrodniczych nie tylko że jest ona związana z dialektycznym ruchem pojęć (omówionym w jednym z dalszych rozdziałów), lecz także z wiążącą rozum z przyrodą, dynamiczną formą hipotetyczno-eksperymentalną.

Cytowana powyżej wypowiedź Władysława Natansona, dotycząca natury elektrodynamiki klasycznej, dobrze obrazuje tę specyficzną spójność w dynamicznej jedni teorii z jej przedmiotem.

W odniesieniu do wydobytego świata miałyby więc zastosowanie tzw. "koherencyjna teoria prawdy". Jednakże w kontekście omawianej tutaj teorii wydobywania świata może lepiej byłoby mówić o koherencyjnej teorii poprawności? Teoria wydobytego fragmentu świata bywa poprawna, gdy została skonstruowana przez rozum, pozostający na uwięzi formy hipotetyczno-eksperymentalnej, jako wewnętrznie spójna i logicznie niesprzeczna.

Koherencyjność byłaby właściwością tego, co wydobyte jako fragment zrozumiałego

świata, niekoniecznie zaś rzeczywistości w sobie.

Wewnętrzna spójność teorii może być pewnym kryterium jej poprawności. Jednakże sama spójność to za mało. Teoria musi przewidywać fakty nowe oraz powinna zostać dodatkowo poddana procedurze falsyfikacji. Zauważmy przy tym, że zdolność do przewidywania faktów czy zjawisk nowych, nieznanych dotąd, posiadać może jedynie teoria spójna wewnętrznie. Także o falsyfikacji jako wystarczającym dowodzie na błędność całej teorii można mówić wtedy i tylko, gdy teoria ta jest wewnętrznie spójna. Tylko wtedy pojedynczy fakt sprzeczny z teorią obalić może całą teorię.

Akt poznania

Aprioryczne jądro aktu poznania

Żywy akt poznania realizuje się w organicznej jedni wszystkich naszych władz poznawczych. Umysł jest wtedy całością organiczną. Jego wnętrze w akcie poznania jest przezroczyste dla samoświadomości. Mamy wtedy do czynienia z przezroczystym i niezgłębnym umysłem, nie zaś z układem dobrze określonych elementów, takich jak na przykład rozum, intelekt, zmysłowość.

Możliwa byłaby jedynie odpowiednia wiedza *a priori*, dotycząca umysłu w akcie poznania. Przy czym powinniśmy przyjąć, że ta aprioryczna wiedza będzie tym poprawniejsza, im lepiej sprzyjać będzie realizowaniu się rzeczywistych poznań. Być może da się wtedy zrozumieć na przykład dzieje fizyki, odnajdując się w procesie jej powstawania i rozwoju.

Aprioryczna wiedza dotycząca natury poznającego podmiotu – nie mając bezpośrednich przełożeń empirycznych, poprawna, gdy dająca się sprawdzić empirycznie pośrednio – nie skrepuje poznającego umysłu, jako nieprzekładalna na jakieś dobrze określone procedury badawcze (czy paradygmaty). Wyrażać może fundament, na którym „sama przez się” powstała nowożytna fizyka, jaką znamy z jej dziejów i prostomyślnie rozwijamy³⁹.

Wiedza taka nie niszczy naturalnego nastawienia umysłu lecz je chroni tworząc przeciwwagę dla wiedzy przeintelektualizowanej, pragnącej w pełni zracjonalizować poznawanie i poddać je kontroli intelektu. Wydziela z procesu poznawania jego przezroczysty ośrodek dekretując tę przezroczystość i sprawiając, że naturalne poznawanie – choć teraz już ogarniane rozumem – może zachować swoją pierwotną, naturalną żywotność, otwartość i płodność.

³⁹ Galileusz mógł zostać „ojcem fizyki nowożytnej”, gdy uwolnił umysł od wszelkich więzów intelektualnych epoki i zawierzył swoim naturalnym predyspozycjom poznawczym i twórczym.

Sprawdzalność empiryczna wiedzy *a priori*

Odpowiednia wiedza dotycząca natury aktów poznania krystalizuje się, nabiera kształtów i krzepnie na przykład w próbach zrozumienia przez fizyka dziejów poznania przyrody. Można przyjąć, że odpowiednia teoria poznania powinna także wyjaśniać na przykład dzieje fizyki.

Co jednak mógłby znaczyć z punktu widzenia fizyka postulat wyjaśniania dziejów fizyki? Jakie warunki powinna spełniać teoria poznania, by fizyk mógł przyjąć, że wyjaśnia ona dzieje fizyki?

Taka teoria poznania mogłaby pogłębiać w nim, na bazie analizy tych dziejów, umiejętność efektywnego przyłączenia się do najbardziej zaawansowanych badań współczesnych. Mogłaby także umożliwić zrozumienie dziejów fizyki, co mogłoby zaowocować poprawnie napisaną historią fizyki. Ponadto mogłaby dopomóc w sensownym zorganizowaniu procesu nauczania fizyki, tak, aby płynnie przechodził w pracę badawczą.

Władysław Natanson formułuje myśli filozoficzne na marginesie konkretnych i bardzo szczegółowych rozważań, głównie z dziedziny historii fizyki. Jest on tam najpierw fizykiem, a dopiero potem filozofem. Pisze między innymi: „Niechaj pp. B. i C. uczą, że historia nauki 'nie ma znaczenia', że wobec szybkich postępów nauki warto jest czytać tylko Zeitschrift für Physik z lutego 1935 roku. Newton jest przestarzały, Kelvin - do podręczników. Ale mnie historia nauki nauczyła sztuki badań naukowych." [s. 14]

W jaki jednak sposób należy spojrzeć na dzieje fizyki, by ich rekonstrukcja „uczyła sztuki badań naukowych”? Jak to przedstawia Andrzej Kajetan Wróblewski w swoich wykładach z historii fizyki (jeden ze slajdów wykładu, 2006 r.): „W celu rekonstrukcji prawdziwej historii fizyki w danym okresie musimy się starać spojrzeć na świat oczami ówczesnych fizyków, zrozumieć problemy, przed jakimi stali, metody, które stosowali w celu znalezienia rozwiązania i odpowiedzi, do jakich wtedy dochodzili”. Przede wszystkim jednak musielibyśmy całą uwagę ześrodkować na zjawiskach i obiektach przyrody, dostępnych ówczesnie badaniom.

Aby poprawnie odczytać dzieje fizyki trzeba więc umiejscowić się w sytuacji problemowej ówczesnych fizyków, w kontekście intelektualnym epoki i spojrzeć prospektywnie (nie: retrospektywnie), w kierunku nie dokonanych jeszcze wtedy odkryć czy syntez teoretycznych. To my będziemy „współodkrywcami”. Fizykę współczesną zawieszamy, pozostaje ona w tle. Nie spoglądamy na dzieje fizyki z punktu widzenia fizyki współczesnej, lecz na rozwijającą się fizykę współczesną jako kontynuację dziejów fizyki. Gdy nasze usiłowania poprawnego odczytania dziejów fizyki, jako płynnie przechodzących w twórczo rozwijaną fizykę współczesną, wspomocze teoria poznania,

wówczas w pewnym szczególnym sensie teoria ta częściowo przynajmniej wyjaśni dzieje fizyki.

Dopiero wtedy, gdy poprawnie odczytamy dzieje fizyki, historia fizyki może nas uczyć „sztuki badań naukowych” (Natanson), oraz ukazywać, czym jest nasze naturalne wyposażenie poznawcze.⁴⁰ Ale także, gdy dysponować będziemy poprawną teorią poznania, to możemy z jej pomocą poprawnie odczytać dzieje fizyki, jako płynnie przechodzących w fizykę współczesną w stawaniu się i rozwoju. Taką teorię poznania konstruować może jedynie fizyk-podróżnik, osadzony w rozwijającej się fizyce i podejmujący w tej perspektywie dialog pomiędzy dziejami fizyki, fizyką współczesną, nauczaniem fizyki i narzucającą się „samą przez się”, ogólniejszą problematyką filozoficzną.

⁴⁰ Warto zauważyć, że podejście do natury naszych władz poznawczych, proponowane w tej książce, może być istotnym uzupełnieniem metod kognitywistyki.

5. Władze poznawcze człowieka a forma świata fizyki

W zasadzie wszystkie, zawarte w tym rozdziale stwierdzenia, są *hipotezami apriorycznymi*, wymagającymi pośredniej weryfikacji empirycznej, zgodnie z zasadą sprawdzalności wiedzy *a priori*, sformułowaną w poprzednim rozdziale.

Treści odpowiednich twierdzeń, zawartych w tym rozdziale, a dotyczących na przykład świadomości, umysłu, ducha, rozumu, intelektu, zmysłowości, także natury matematyki, harmonizują z odczuwalnym przeze mnie nastrojeniem mojego własnego umysłu, co sprawia, że jestem w stanie, w pewnym zakresie, świadomie kontrolować jego stan, zwłaszcza w aspekcie poznawczej otwartości.

Nie znaczy to jednak, że te moje określenia (definicje) i twierdzenia, zawarte w tym rozdziale, są uniwersalne. Sądzę, że daję głównie poprawną metodę, zaś samą już wiedzę konkretną, ze względu na jej aprioryczny charakter, czytelnik powinien sprawdzić indywidualnie, we własnym zakresie, ewentualnie ją modyfikując lub zmieniając, odpowiednio do swoich odczuć i potrzeb.

Oczywiście nie wykluczam, że wszystko, co tutaj piszę, faktycznie odpowiada na pytanie, co i jak jest w dziedzinie wiedzy o wiedzy; że ma faktycznie status wiedzy, jeżeli już nie prawdziwej, to przynajmniej uniwersalnie poprawnej. Ze swej strony sądzę, że faktycznie tak jest.

Forma świata fizyki

W tym podrozdziale odwołuję się do pewnych sformułowań Immanuela Kanta, zapewne niełatwych w odbiorze dla nieprzygotowanego czytelnika. Zdecydowałem się na ten krok, gdyż sądzę, że rozwijana przeze mnie teoria poznania koresponduje z dokonaniem Kanta. Przy czym Kant przyrównuje swoją metafizykę do systemu Kopernika. Gdyby pozostać przy tej analogii mógłbym powiedzieć, że staram się w filozofii pójść o krok dalej, w kierunku, który w fizyce wytyczyli Galileusz i Newton.

Po tej dygresji powracam do głównego nurtu rozważań.

Po to, by móc określić właściwości podmiotowej formy, nakładanej w procesie poznawania na przyrodę, trzeba dokładniej przyjrzeć się naszym władzom poznawczym, takim, jak na przykład rozum, intelekt, zmysłowość i zbadać, w jaki sposób mogłyby one funkcjonować w poznawaniu przyrody i czy - będąc środkiem poznania - ograniczają także nasze możliwości poznawcze.

Podmiotowa forma zrozumiałości świata nie jest w poznaniu prostomyślnym

postrzegana, gdyż jest pewnym sensie synonimem tej prostomyślności. Świat fizyki wydobywany jest z rzeczywistości w poznawczym sprzężeniu poznającego podmiotu z przyrodą, zwykle bez świadomości natury tego sprzężenia.

Akt poznania przerzuca (wnosi) podmiotową formę w świat zewnętrzny, który – gdy myślany lub rozumiany – to musi się pomieścić w jakimś szczególnym przypadku tej formy. Można formę tę określić i *explicite* wprowadzić w strukturę fizyki, co mogłoby umożliwić głębszą interpretację wyników fizyki.

By dać bardziej precyzyjne wyobrażenie, w czym rzecz, przywołam odpowiednie twierdzenie Kanta, dotyczące związku formy i materii.

O formie wrażeń zmysłowych Kant wypowiada się następująco: „To, co w zjawisku odpowiada wrażeniu, nazywam jego materią. To natomiast, co sprawia, iż to, co różnorodne w zjawisku, może być uporządkowane wedle pewnych stosunków, nazywam formą zjawiska. Ponieważ to, w czym się wrażenia jedynie porządkują i mogą być wstawione w pewne formy, samo nie może być znowu wrażeniem, więc materia wszelkiego zjawiska dana jest nam wprawdzie tylko *a posteriori*, ale forma jego, na ich przyjęcie gotowa, musi cała tkwić *a priori* w umyśle i dlatego musi być rzeczą możliwą rozważać ją całkowicie w oddzieleniu od wszelkiego wrażenia”.⁴¹

Ponieważ jednak rzecz idzie o formę świata fizyki nowożytnej, nie zaś o Kantowską formę zjawisk naocznych, dlatego powyższe stwierdzenia Kanta można byłoby sparafrazować następująco: ‘To, co stanowi nieokreśloną, zewnętrzną podstawę przedmiotu teorii fizycznej, nazywam materią. To natomiast, co sprawia, że przedmiot teorii może być zrozumiały, nazywam jego formą materialności. To, co czyni przedmiot teorii zrozumiałym, samo nie może być materią, więc forma materialności, na przyjęcie przedmiotu gotowa, musi cała tkwić *a priori* w aktywnym poznawczo podmiocie i musi być rzeczą możliwą rozważać ją ogólnie w oddzieleniu od wszelkiego przedmiotu teorii, jako ogólną formę zrozumiałości świata fizyki nowożytnej’.

W kontekście powyższych sformułowań materialny w podstawie byłby wydobyty świat, wyrażający się zrozumiałymi przedmiotami teorii dotyczących przyrody, niekoniecznie zaś rzeczywistość. Pojęcie materii nie dotyczy rzeczywistości, chyba żeby okazało się, że w granicy poznania wydobyty świat (jako na przykład przedmiot Wielkiej Teorii Wszystkiego) faktycznie zbiega się z rzeczywistością.

Zrozumiały świat fizyki jest więc z jednej strony uwarunkowany ogólną formą podmiotową, umożliwiającą rozumienie czegokolwiek, z drugiej zaś naturą rzeczywistości zewnętrznej, „dobierającej” z potencjału form możliwych - za sprawą naszej przetwarzającej aktywności w świecie - formę sobie właściwą, co powoduje, że

⁴¹ Immanuel Kant, *Krytyka czystego rozumu*, op. cit.

rozumienie dotyczy czegoś na zewnątrz umysłu (i rozumu). Podmiotowa forma zrozumiałości świata konkretyzuje się wtedy w przedmiotową formę materialności świata (w tym w szczególną *formę materialności fragmentu świata fizyki*; na przykład materialności fal elektromagnetycznych).

Świat fizyki jest specyficznym odbiciem poznawczej natury nowożytnego podmiotu. Rzeczywistość być może przejawia się lub ujawnia poprzez formę materialności świata, lecz nie jest to pewne i powinno zostać zbadane.

Rozpoznając więc transcendentalnie (termin, wykorzystywany przez Kanta), że forma świata nie jest pochodzenia empirycznego, oraz określając sposób jej odnoszenia się do rzeczywistości pojęciem „wydobycie świata materialnego z rzeczywistości niezależnej”, można budować *apriorycznie* ogólną teorię formy, której przedmiotem byłoby to, co podmiot wnosi w świat, by świat ujmować myślą i rozumem. Taką hipotetyczną teorię buduję tutaj w kontekście rozważań, dotyczących ogólnej natury naszych władz poznawczych.

Intuicja w poznawaniu przyrody

Badam między innymi konsekwencję założenia, zgodnie z którym „intuicyjny wgląd” (czy, jak pisał Heisenberg, "intuicyjne wyczucie zależności") jest poznawczą regułą, nie wyjątkiem, na wszystkich poziomach poznania i wiedzy, stanowiąc forpocztę poznania. Zakładam, że wszystkie nowe idee oraz wszystkie poprawne interpretacje wiedzy zastanej (poczynione na przykład przez studenta fizyki, który *wreszcie* zrozumiał mechanikę czy teorię względności) powstają w sposób podobny do tego, jaki opisują Heisenberg czy Einstein (zob. *Wprowadzenie*), z istotnym, rozstrzygającym wręcz współudziałem wglądu.

We *Wprowadzeniu* do książki podałem kilka przykładów sposobu funkcjonowania wglądów w fizyce. Oto kolejne przykłady:

James Gleick pisze: "[Pewien] fizyk studiujący w latach pięćdziesiątych kwantową teorię pola w Caltechu pod kierunkiem Gell-Manna odkrył nie opublikowane notatki, rzekomo z wykładów Richarda Feynmana, krążące jako samizdat. Pyta o nie Gell-Manna. Gell-Mann odpowiada, że nie, Dick nie używa takich metod jak w tekście wykładu. 'Na czym zatem polegają metody Feynmana?' - pyta student. Gell-Mann opiera się o tablice i mówi: 'Oto metoda Dicka. Dokładnie opisujesz problem. Następnie intensywnie myślisz. (Zamyka oczy i przyciska kciuki do czoła). Po chwili zapisujesz rozwiązanie.'"⁴²

Feynman, "...gdy pracował, robił to w sposób całkowicie niezrozumiały. Nie można się

⁴²James Gleick, *Geniusz...*, opt. cit., s. 317

było zorientować, dokąd zmierza, gdzie jest w tej chwili, jaki będzie następny krok. W przypadku Dicka następny krok wynikał nie wiadomo skąd - z boskiego objawienia." (Sidney Coleman, fizyk, pracujący w Caltechu wraz z Feynmanem).

Podobne historie pojawiają się wielokrotnie w literaturze, dotyczącej odkryć naukowych. To stary motyw. Magicy. Jak powiedział Mark Kac [znany matematyk - RM] "...ich sposób myślenia jest w zasadzie całkowicie niezrozumiały. Nawet gdy już rozumiemy ich wyniki, proces, w jaki do nich doszli, wciąż pozostaje niepojęty."⁴³

Pojęcie wglądu

W pewnych teoriach „iluminacji” (oświecenia, intuicyjnego wglądu itp.), powstałych w naszym kręgu kulturowym, umysł bywa postrzegany jako element bierny i tylko receptywny, tak jakby za całe poznanie odpowiedzialny był jakiś czynnik zewnętrzny działający na umysł podmiotu i oświecający go (np. tradycja, wywodząca się od św. Augustyna). Z drugiej strony znanych jest wiele technik, zwłaszcza w ramach tradycji filozoficzno-religijnej Dalekiego Wschodu, oczyszczających umysł i sprzyjających osiągnięciu „oświecenia”.

Tymczasem w odniesieniu do fizyki idzie o wgląd w Naturę, współwarunkowany wszechstronną aktywnością człowieka w świecie przyrody. Zauważmy, że tej uprzedzającej aktywności w świecie nie eksponuje się *explicite* na przykład w teorii iluminacji, taoizmie czy buddyzmie zen. Dlatego mówić będę, że w dążeniu do wiedzy podmiot nie tyle osiąga „oświecenie” czy doznaje „iluminacji”, ile zdarzają mu się wglądy, na przykład w przyrodę, której coraz to głębsze pokłady odsłaniane są w tej aktywności.

Eksponuję perspektywę wewnętrzną w poznawaniu. Dlatego mówiąc o wglądzie odwołuję się głównie do intuicji czytelnika. Stanów wglądu należy doświadczać samodzielnie, nie zaś czerpać wiedzę o wglądzie z opisów innych podmiotów.

Wgląd jest tym momentem procesu poznawczego, w którym podmiot poznający osiąga pewne, intuicyjne zrazu zrozumienie. Przy czym od intuicyjnego wycucia zależności do pełnego zrozumienia prowadzić może daleka droga.

Doświadczam, że wgląd jest transparentny (przezroczysty) dla samoświadomości. Nie potrafię wnikać myślą do wnętrza umysłu, pozostającego w stanie wglądu. Co najwyżej mogę poddać umysł umiejętności, nieinwazyjnej obserwacji towarzyszącej (metodą fenomenologii filozoficznej). Jednakże traciłbym wtedy znaczną część energii mentalnej, w związku z czym wgląd w przyrodę może się po prostu nie zrealizować. Prawdopodobnie nie byłbym w stanie osiągnąć wglądu, poddając równocześnie wnętrzu umysłu świadomej

⁴³ Mark Kac, in his introduction to *Enigmas of Chance : An Autobiography* (1985), p. xxv,

kontroli rozumu czy intelektu.

Sądę zresztą (i raczej jest to dość powszechne mniemanie), że samoobserwacja wnętrza umysłu jest w ogóle niemożliwa, jako że postrzegać można byłoby wtedy co najwyżej, jak umysł się przejawia wobec świadomości, a nie jakim jest jako podstawa świadomości. Jak pisał Kant: „Cała trudność polega przy tym tylko na tym, w jaki sposób podmiot może sam siebie wewnątrznie oglądać. Lecz trudność ta jest wspólna wszystkim teoriom. (...) umysł ogląda bowiem siebie samego nie tak, jakby siebie sobie bezpośrednio samoczynnie przedstawiał, lecz w sposób, w jaki jest od wewnątrz pobudzany, a więc tak, jak się przejawia, a nie, jakim jest”⁴⁴.

Świadomy ogląd wnętrza umysłu w momencie wglądu nie wydaje się możliwy chociażby z tego względu, że w burzliwy, irracjonalny sposób samouzgadniają się wtedy różnorodne, niepojmowalne dotąd treści tworząc nową, organiczną całość. Być może możliwy jest tylko ogląd mózgu⁴⁵.

Gdy udaje się nam osadzić proces poznawania przyrody w umyśle (nie zaś na przykład w intelekcie), możemy pozostawać w stanie permanentnego wglądu. Pojawia się wtedy - gdy rozum utrzymujemy na uwięzi formy hipotetyczno-eksperymentalnej - stała możliwość poprawnego rozumienia przyrody. Przy czym ważne jest, aby w tej stałej dyspozycji do poprawnego rozumienia natrafić na pozytywny odzew rzeczywistości.

Umysł w momencie wglądu owocującego odkryciem naukowym nie jest bezpośrednio świadomości dostępny, przynajmniej takie założenie przyjmuję, ale już cała otoczka wglądu, cały ten ruch poznawania, którego wgląd jest ośrodkiem, cała ta krzątanina uczonych wokół zagadnienia lub problemu, także ta, dająca się zrekonstruować na podstawie źródeł historycznych, może podlegać specyficznym badaniom empirycznym. Przy czym poprawna interpretacja dostępnego empirycznie kontekstu odkrycia możliwa staje się wtedy, gdy sami jesteśmy podmiotem poznającym i całą tę empirię interpretujemy – by tak rzec – z „wnętrza” aktu poznania.

Gdy z pozytywnym skutkiem zajmujesz się „robieniem odkryć” (rzeczywistym poznawaniem przyrody lub na przykład poprawną rekonstrukcją dziejów fizyki), empiryczny kontekst odkrycia staje się przejrzysty i czytelny. Staje się tym, czym jest w istocie, tzn. tylko kontekstem odkrycia rzeczywistego, mającego swoje źródła w twoim

⁴⁴ Immanuel Kant, *Krytyka czystego rozumu*, op. cit..

⁴⁵ Stwierdzenie to koresponduje z wynikami badań neurobiologicznych dotyczących wglądu. Mark Jung-Beeman (ze współpracownikami) przeprowadził eksperyment, w którym okazało się, że mogą istnieć pewne korelaty rozwiązywania problemów przez wgląd i aktywności mózgu. Udało się prawdopodobnie ustalić zwiększoną aktywność prawej półkuli mózgu oraz – co istotne – to, że na około 0,3 sekundy przed znalezieniem rozwiązania pojawia się nagle w określonym obszarze mózgu seria impulsów o wysokiej częstotliwości. Być może ta seria impulsów oznacza synchronizację różnych procesów aktywowanych w trakcie rozwiązywania problemu i dlatego bezpośrednio poprzedza zrozumienie.

własnym, niezgłębnym umyśle, nie zaś na przykład wystarczającym materiałem empirycznym na zbiór ogólnych procedur racjonalizujących odkrycia.

Zrozumienie i wiedza realna

Wynikiem wglądu bywa zrozumienie. Wgląd warunkuje pojęcia, umożliwia podjęcie odpowiednich rozumowań oraz stwarza możliwość wyrażenia osiągniętej wiedzy w języku. Ma zwykle naturę bardziej intuicyjną niż rozumową. Może być częścią całej serii wglądów.

Zwykle od momentu zdania sobie sprawy z poprawności i wagi odkrycia do jego właściwego ujęcia pojęciowego i wyrażenia w języku upływa sporo czasu. Einstein formułuje szczególną teorię względności po dziewięciu latach od intuicyjnego „wycucia” natury prędkości światła, a ogólną teorię względności w skończonej postaci (1915) – po ośmiu latach od olśnienia doznanego w 1907 roku w biurze patentowym. Pisze: „Długoletnie błądzenie w ciemnościach w poszukiwaniu prawdy odczuwanej, lecz nieuchwytej, głębokie pragnienie oraz przeplatające się ze sobą okresy wiary i wątplenia, które poprzedzają jasne i pełne zrozumienie, znane są wyłącznie tym, którzy sami ich doświadczyli”⁴⁶.

To, co dostrzeżone wglądem, bywa ulotne, momenty rozumienia przeplatają się z momentami wątplenia, utrzymanie i wyrażenie tego, co się intuicyjnie wyczuwa, lecz jeszcze nie potrafi się ogarnąć jasnym systemem pojęć, wymaga zwykle wielokrotnych powtórzeń wglądu, właściwe środki wyrazu często poszukiwane są po omacku, czasami zaś są tworzone od podstaw.

Wszystko to sprawia, że twórcą zasadniczo nowej, poprawnej teorii może być jedynie ktoś, permanentnie podłączony do rzeczywistości, chłonący świat otwartym i dynamicznym umysłem a nie statycznym i zamkniętym intelektem, bazujący na żywym doświadczeniu rzeczywistości. W innym przypadku, nawet gdyby doszło do wglądu, to zapewne nie dałoby się go powtarzać i odpowiednich intuicji utrzymywać oraz latami precyzować.

W przypadku odtwarzania wiedzy zastanej – uczenia się – nie ma potrzeby tworzenia od nowa właściwych środków wyrazu dla utrzymania stającej się wiedzy lub jej przekazania – środki te są już gotowe i odpowiednio przetworzone. Jednakże papierowa „wiedza” książkowa nie jest wiedzą w sensie właściwym. W celu poprawnego przejęcia pojęć teorii uczeń musi intuicyjnie wyczuć odpowiednie zależności i ostatecznie zrozumieć przekaz na swój rachunek, z mniejszą lub większą pomocą nauczyciela, lecz zawsze samodzielnym aktem poznania. Można powiedzieć, że w dziedzinie wiedzy to, co

⁴⁶ Alice Calaprice, *Einstein w cytatach*, op. cit., s. 265.

odziedziczyliśmy po przodkach, musimy sami na nowo zdobywać, w przeciwnym razie nigdy to nie będzie to nasze.

Tylko ten, kto samodzielnie zrozumie i podtrzyma rozumienie, staje się rzeczywistym partnerem twórcy wiedzy. Możliwy staje się wtedy merytoryczny dialog „wyzwolonego” z niewiedzy ucznia z kolegą – na przykład wybitnym fizykiem współczesnym, a także z Galileuszem, Newtonem, Maxwellem, Einsteinem, Heisenbergiem...

Przełomy w nauce tworzą ludzie zakorzenieni w rzeczywistości, tacy, którym nie przeszkadza wiedza zastana, książkowa, bo potrafią ją poprawnie zinterpretować i wyłuskać z niej to, co istotne. Są wolni od tego, co znane, choć tego, co znane, nie odrzucają.

Przejawy wglądu

Z wglądem związana jest zwykle konieczność reinterpretacji pewnych pojęć lub utworzenia pojęć nowych. W fizyce nowożytnej to pojęciowe przetworzenie wiedzy zachodzi w momencie samouzgodnienia, na poziomie ogólnym, pewnych zróżnicowanych treści, współtworzących wyodrębniającą się nową całość, w ruchu myśli łączącym wiedzę ogólną różnych poziomów z bezpośrednią antycypacją eksperymentu sprawdzającego. Jednakże, jak pisze Heisenberg, „...nawet jeśli do wydobywania faktów potrzeba dużo trzeźwej, starannej pracy eksperymentalnej, to porządkowanie faktów udaje się przecież tylko wtedy, gdy potrafimy się raczej wczuć, niż wmyśleć w zjawiska”⁴⁷.

Przykładem niech będzie mechanika klasyczna, której pojęcia posiadają inne treści, niż w użyciu potocznym: siła, masa, ciężar są w mechanice Newtona zdecydowanie czymś innym niż w rozumieniu potocznym lub w fizyce Arystotelesa. Wspólnie dotyczą pewnej wyodrębniającej się części zjawisk fizycznych nazywanej ruchem mechanicznym. W treści każdego pojęcia mechaniki klasycznej, takiego jak na przykład masa bezwładna, uwikłane są – za pośrednictwem zasad dynamiki i prawa grawitacji – treści wszystkich innych istotnych pojęć teorii, takich jak siła, masa grawitacyjna, przyspieszenie ziemskie czy pole grawitacyjne. Na przykład nie sposób poprawnie zrozumieć bezwładności bez zrozumienia grawitacji; pierwsza zasada dynamiki może dotyczyć ruchu prostoliniowego mas bezwładnych wtedy i tylko, gdy wydzielona zostaje wszechobecna siła grawitacji.

Nie ma żadnej możliwości wydedukowania na przykład newtonowskiej mechaniki klasycznej z najobszerniejszej nawet i usystematyzowanej wiedzy potocznej (w tym także z fizyki Arystotelesa), dotyczącej ruchu i spoczynku ciał. Dotyczy to zarówno

⁴⁷ Werner Heisenberg, *Część i całość*, op. cit., s. 237.

Newtona, jak i współczesnego ucznia przyswajającego sobie mechanikę klasyczną.

Umysł człowieka

Umysł człowieka przedstawiam z jednej strony jako emergentną właściwość naszego układu nerwowego, z drugiej zaś jako wzburzony ocean bez dna („nie sposób dotrzeć do granic duszy, taka w niej głębia” - Heraklit), którego falującą powierzchnię przyrównuję do naszych władz poznawczych, osadzonych w umyśle, takich jak na przykład rozum czy intelekt (nie jestem w tym oryginalny, gdyż podobne porównania, choć w innych kontekstach, znaleźć można na przykład w różnych tekstach buddyjskich).

O tym, co nieuchwytnie z umysłu

Filozofia umysłu często bywa postrzegana jako nauka, której celem jest skonstruowanie modelu umysłu zrozumiałego dla pasjonata sztucznej inteligencji. Duże nadzieje wiąże się w związku z tym ze względnie nową dyscypliną naukową, jaką jest kognitywistyka, której przedstawiciele starają się łączyć pewne intuicje filozoficzne z możliwościami sztucznej inteligencji, neurobiologią oraz wynikami psychologii eksperymentalnej. Jednakże sądzę, że tym, czego faktycznie potrzebujemy, jest koncepcja umysłu jako różnego od swoich uświadamialnych manifestacji, gdyż usytuowanego przed tymi manifestacjami (czy u ich podstawy). Zresztą współcześnie również kognitywistyka zdaje się odchodzić od płasko empirystycznego paradygmatu, gdyż dopuszcza możliwość, że umysł jest emergentną właściwością mózgu (a może nawet całego układu nerwowego).

Umysł jest czymś różnym od mózgu lub układu nerwowego. Może być badany z zewnątrz, na przykład metodami psychologii eksperymentalnej. Można także próbować badać go od strony wnętrza, introspekcyjnie, drogą samoobserwacji towarzyszącej (np. metodą fenomenologii filozoficznej). Przy czym zarówno w pierwszym, jak i w drugim przypadku wiedza ugruntowana w empirii bezpośredniej, psychologicznej lub introspekcyjnej, dotyczyć może tylko tego, jak umysł się przejawia, a nie jakim jest.

Umysł jest czymś więcej, aniżeli tym, co można zrekonstruować z jego empirycznie dostępnych przejawów. Jest tajemniczą podstawą naszego naturalnego życia, w tym poznawczego i twórczego. Rozumiemy, że mamy umysły, gdyż jakoś się one przejawiają, nie potrafimy jednak zgłębić ich natury.

Wyobraźmy sobie badania umysłu, prowadzone przez psychologa eksperymentalnego. Pomiędzy tym, co uświadamia on sobie jako świat przejawów umysłu, a rzeczywistością umysłu, pośredniczy on sam z całym swoim naturalnym wyposażeniem poznawczym.

Może jest tak, że psycholog wydobywa aktami poznania z rzeczywistości umysłu świat jego przejawów ogarniając go myślą na miarę swoich możliwości rozumienia i w zakresie, w którym możliwości te napotyka ją na pozytywny odzew rzeczywistości umysłu.

Wyniki badań dotyczących umysłu – w tym różnorodne teorie umysłu ugruntowane bezpośrednio w empirii – dotyczą świata umysłu, podporządkowanego naszym naturalnym zdolnościom do rozumienia (czy szerzej: do pojęciowego myślenia).

W przypadku człowieka umysł ekspanduje w duchowość i rozum, których istotą jest między innymi uświadamialne już stawanie się i ruch pojęć.

Według Arystotelesa rozum czynny można przeciwstawić rozumowi biernemu. Rozum czynny odpowiedzialny byłby za tworzenie pojęć, rozum bierny zaś za proste myślenie pojęciowe. Jednakże wydaje się, że nawet to proste, pozornie odtwórcze myślenie pojęciowe, gdy ugruntowane w niezgłębionym umyśle, jest konstruktywne. Czysty rozum, gdy nie jest skrępowany na przykład przez intelekt, jest stwarzającym ruchem i zdaje się nigdy „nie wchodzić dwa razy do tej samej rzeki”; czyni to intelekt, gdy wielokrotnie wyprowadza te same wnioski z ustalonych przesłanek.

Przyjmuję *a priori*, że rozum – przynajmniej idealnego podmiotu poznającego – jest czystą konstruktywnością, nawet wtedy, gdy wycofuje się do podstaw, gdy cofa się poza punkt wyjścia, gdy zubaża obiekty wyobrażone, abstrahuje na przykład od zmysłowości wtórnej itp., i z tej konstruktywności rodzi się każda myśl, zawsze nowa. Przy czym ta konstruktywność powiązana jest w sposób konieczny z wyodrębnianiem pewnych całości. Rozum – działając – wyodrębnia pewną całość, w której ta konstruktywność może się zrealizować i przejawiać stawaniem się lub ruchem pojęć.

Gdy myślenie podporządkowane zostanie jakiejś formie zewnętrznej względem formy rozumu, którą nazwać można formą logiczną, zaczyna funkcjonować intelekt. Istotą intelektu jest rozumowanie. Rozumowanie nie jest czystym ruchem stających się lub krystalizujących pojęć. Może zostać poddane samokontroli i podporządkowane jakiejś określonej formie logicznej skonstruowanej niezależnie na przykład przez logików. W swej skrajności rozumowanie jest ruchem myśli wyobcowanej z umysłowej podstawy, osadzonym w obcej istocie pojęcia formie wynikania logicznego.

I tak właściciel „czystego intelektu” posługiwać się może – za sprawą ego lub woli - kodem logicznym, sprawiającym w odczuciu rzeczywistego twórcy wiedzy wrażenie absurdu, gdyż – nie rozumiejąc poprawnie pojęć pierwotnych, które wykorzystuje – łączy na przykład w łańcuchy przyczynowo-skutkowe zdarzenia, nie mające w rzeczywistości bezpośrednich związków.

Intelekt jest nie-myślący i nie-twórczy, jednakże w przypadku człowieka rzadko występuje w czystej postaci.

Rozumowanie bywa twórcze, gdy stosuje się formę logiczną swobodnie, raczej w celu uzyskania przejrzystości argumentacji i możliwości wyrażenia myśli w języku niż w celu uzyskania nowej wiedzy samym tylko ścisłym stosowaniem reguł wnioskowania uznawanych za poprawne.

Aksjomatyzacja jest zawsze wtórna względem pojmującego wglądu. Dedukcyjne wnioskowanie udaje się, gdy pozostaje pod nadrzędną i pełną kontrolą poprawnie funkcjonującego rozumu, niezależnie ogarniającego pojęcia pierwotne systemu i aksjomaty. Jak pisał Einstein: „Czysto logiczne rozumowanie nie da nam żadnej wiedzy o realnym świecie. Odkrycia nie są produktem logicznego myślenia, choć ostateczny produkt jest związany z logiczną strukturą”⁴⁸.

Świadomość jako zafalowanie oceanu umysłu

Naszą swoiście ludzką świadomość (w tym rozum, intelekt,...) można porównać z zafalowaniem *niezglębionego* (to ważne!) oceanu. Jednakże realny ocean zawsze dno posiada, do którego można dotrzeć, i tu nasza analogia częściowo zawodzi.

W przypadku umysłu obowiązywałaby pewnego rodzaju "zasada kosmologiczna", która w przypadku analogii z niezglębionym oceanem sprowadza się do konstatacji, że niezależnie od tego, na jakiej głębokości nie znajdowałby się nasz batyskaf, to zawsze rozpościerać się będzie pod nim tak samo nieskończona otchłań wodna.

Parafrazując Heraklita można byłoby powiedzieć, że 'nie sposób dotrzeć do granic umysłu, gdyż zawsze jesteśmy od nich nieskończenie odlegli'.

W powyższym kontekście nie ma sensu pytać na przykład o to, kiedy w procesie ewolucji powstał umysł z czegoś, co jeszcze nie było umysłem. Idzie po prostu o to, by się w tej otchłani umysłu osadzić i z nią utożsamić. Gdy to uczynisz, uzyskasz także dostęp do całej energii duchowej wszechświata, przeznaczonej przez bogów dla ciebie.

Umysł jest jak otchłań bezdenna. To ocean bez dna. Tymczasem często „pracuje” dla nas głównie jego zafalowana powierzchnia, która sama z siebie zdolna jest produkować tylko pianę.

Ta „falująca powierzchnia” może na przykład zostać przebadana empirycznie przez obserwatora, stojącego na brzegu oceanu. Badacz taki popełni jednak gruby błąd, gdy tę powierzchnię uzna za wszystko, co istnieje jako ocean; gdy utożsami ocean z jego falującą powierzchnią, nie dostrzegając ukrytej pod nią głębi. Podobny błąd popełni człowiek, gdy bezpośrednio empirycznie dostępny świat umysłu utożsami z

⁴⁸ Abraham Pais, *Pan Bóg jest wyrafinowany*, op. cit., s. 138.

rzeczywistością umysłu.

Świat umysłu – w tym ta jego „falująca powierzchnia” – jest bezpośrednio uświadamialnym przejawem rzeczywistości umysłu i nie może zaistnieć niezależnie od tej rzeczywistości (tak jak oceaniczna fala nie zaistnieje poza ukrytą pod nią głębią).

Naszyc władz poznawczych, osadzonych w umyśle, nie powinniśmy zastępować protezą, skonstruowaną na podstawie wiedzy zewnętrznej. Myśli nie uczynię twórczą rozsypując na powierzchni oceanu umysłu jakieś „detergenty” (wykoncypowane i intelektualnie ustabilizowane metodologie, schematy, systemy, ideologie, fikcje,...) – wtedy wytworzę głównie pianę – lub polewając powierzchnię oceanu oliwą, by wzburzenie ustało (przyjmując np. jakąś doktrynę lub podporządkowując się formie) – wtedy nakładam więzy na ocean łamiąc jego naturalny sposób istnienia i wiążąc energię. Muszę zadbać o to, by – na przykład myśląc o czymkolwiek – być całym zafalowanym oceanem bez dna, nie zaś jedynie jego powierzchnią.

Ten niezgłębiony ocean umysłu zawsze masz w sobie. Jest twoją istotą. Jest życiem. Nie wiesz jednak, czym lub kim jesteś, bo umysł jest niezgłębiony. Jego otchłań jest przezroczysta dla samoświadomości i nie da się odnaleźć jej prapoczątku, chyba żeby ten prapoczątek powiązać z Wielkim Wybuchem, ale to przecież absurd, nieprawdaż?

Duch i rozum

Podobieństwa i różnice

Dokonajmy wstępnego rozróżnienia władz poznawczych człowieka na duchowość i rozum. Ich wspólną, nieokreśloną podstawą byłby umysł. Duchowość jest swoiście ludzką formą umysłu, jako konstruktywnie funkcjonującego w pewnym uświadamialnym, mentalnym tworzywie. Rozum jest duchowością, odniesioną do przedmiotu poznawania lub wytwarzania. Duchowość samoistnie tworzy dynamiczne i uświadamialne całości, rozum dodatkowo ujmuje w tym ruchu jakiś wyodrębniający się przedmiot poznawania lub go przekształca, pozostając w swej konstruktywności na uwięzi tego przedmiotu.

Duchowość tworzy na przykład muzykę z tworzywa, jakim są dźwięki. Sama konstruuje swój przedmiot, w relacji do swej natury i natury tworzywa (na przykład działalność kompozytorów). Gdy stworzy ten przedmiot (np. jakąś symfonię), może go oddać we władanie rozumowi, który próbuje zrozumieć jej wytwór (na przykład działalność muzykologów). Przy czym te dwa aspekty – spontanicznej twórczości i przedmiotowej kontroli – zapewne się przeplatają w realnej działalności kompozytora.

Rozum wyodrębnia przedmiot poznawania, próbuje go ująć konstruktywnym, całościującym ruchem i wyrazić systemem pojęć (na przykład działalność fizyków), itd.

Duch jest ekspansją umysłu w obszar tego, co uświadamialne. Wystarcza mu jakieś jednorodne tworzywo, przy czym im bardziej wewnętrznie zróżnicowane, tym lepiej (np. dźwięki). Utrzymuje całość wyodrębniającego się tworzywa—jako—pewną—dziedzinę twórczości, choć tej całości do końca nie ogarnia. Tworząc wychodzi nie od całości, lecz od pojedynczego elementu (dźwięku, pojęcia,...).

Rozum to duch, osadzony w jakimś tworzywie, odnoszący się do czegoś na zewnątrz, wyodrębniającego się. Rozum posiada przedmiot rozumienia, który specyficznie ogarnia i wyodrębnia. Musi mieć więc warunki rozwoju w pewnym mentalnym tworzywie, odnoszącym się do wyodrębniającego się przedmiotu rozumienia. Ale rozwija się w tym tworzywie według własnych reguł, gdyż 'to tylko rozumie, co sam wytwarza wedle własnej inicjatywy' (Kant). Przy czym ta jego inicjatywa, gdy prowadzi do wiedzy poprawnej, jest w jakiś sposób ograniczona przez odpowiednią formę (np. formę hipotetyczno-eksperymentalną w fizyce).

Muzyka jest z ducha (z domieszką duszy). Matematyka jest z ducha. Fizyka jest z rozumu.

Ponieważ rozwijam teorię poznania przyrody, dlatego główną uwagę koncentruję na rozumie.

Duch, rozum i dialektyka

Rozum (np. człowieka, zwanego fizykiem) wyraża się w dynamicznych, rozwojowych, wzajemnych odniesieniach pojęć, mających zakotwiczenie w przyrodzie nieożywionej, jako podatnej na przekształcania. Te odniesienia generują pojęcia nowe. Przy czym rozum funkcjonuje tu wedle własnych prawideł.

Ten dynamizm pojęć w stawaniu się, rozwoju i zaniku zwykło się określać mianem ruchu dialektycznego. Ruch dialektyczny wyraża istotę konstruktywnego funkcjonowania ducha i rozumu. Zaś ta konstruktywność jest pewnego rodzaju ekspansją dynamicznej natury żywego umysłu w dziedzinę swoiście ludzkiej świadomości (zakładającej między innymi istnienie pamięci i wyobraźni).

Dialektyka jest równie stara jak filozofia. Pewnym ukoronowaniem wielowiekowych poszukiwań w tej dziedzinie wydają się być osiągnięcia Hegla (*Nauka logiki, Fenomenologia ducha*). Według Hegla głównym składnikiem myśli jest ogólne pojęcie. Myślenie czysto pojęciowe dotyczy pewnej wyodrębniającej się całości. Pojęcie jest zmienne, rozwija się nieustannie i wyłania coraz to nowe postacie, przy czym jego rozwój podlega koniecznym prawom. Najgłębszą naturą myśli jest dialektyczna sprzeczność. W każdym rozkwicie tkwią zaczątki rozkładu, każda kolejna postać myśli jest niezbędnym

ogniwem rozwoju.

Naczelne prawo konstruktywnego i całościowego myślenia może zostać wyeksplikowane jako prawo dialektyki, zgodnie z którym każdemu twierdzeniu, dotyczącemu pojęć ogólnych, odpowiada zaprzeczenie, każdej tezie antyteza, z których potem wyłania się synteza, przekształcająca się następnie w tezę, generującą swoją antytezę, itd.

Czysta konstruktywność ducha, „uwięzionego” w ramach jakiejś całości (np. w wyodrębniającym się jednorodnością tworzywie), a nie będąca prostym składaniem, według jakiegoś zewnętrznego wzorca, wziętych skądinąd elementów, przejawiać może się przeciwstawnym ruchem ku skrajnościom, rodzącym nową jakość (w praktyce często współwarunkowaną jakimś czynnikiem zewnętrznym), która – by tę konstruktywność utrzymać; by utrzymać to nowe, swoiście ludzkie życie umysłu – domaga się swego przeciwieństwa, z którym scala się w nowej syntezie, itd.

Jeżeli powiem na przykład, że rzeczywistość jest czystym bytem, to nie przypiszę jej żadnego orzeczenia, czyli właściwie powiem, że jest niczym. Z drugiej strony powinienem powiedzieć, że rzeczywistość jest wszystkim. Z tych przeciwieństw dotyczących rzeczywistości powstać może następująca synteza: świat nauki nowożytnej jest zrozumiałym równoważnikiem rzeczywistości. Synteza ta z kolei przekształca się w tezę na przykład następującą: świat jest wydobywany z rzeczywistości przez świadomy podmiot na miarę jego możliwości rozumienia, a wtedy przyłącza się do niej antyteza: rzeczywistość swoiście przejawia się lub ujawnia w świecie.

Omówiłem powyżej możliwy sposób funkcjonowania "elementarnej komórki" duchowości (i rozumu). I w zasadzie to wystarczy. Rzecz nie w tym, aby dokładnie określić całą tę formę konstruktywności ducha, lecz raczej w tym, by unaocznić, że duch, także rozum, faktycznie jest w pewien sposób ograniczony; że nie musi być tak, jak *implicite* zakłada realizm poznawczy, iż rozum jest wystarczająco obszerny i elastyczny, by w procesie poznawania przejąć w siebie rzeczywistość, zrozumiałe ją odzwierciedlając. A także by unaocznić, że rozum - wydobywając zrozumiały świat z rzeczywistości - współtworzy go.

Być może istnieją nieprzekraczalne granice wszelkiego naszego poznania, gdyż w zasadzie wszystko, co zrozumieć możemy na temat przyrody, naszej wiedzy i jej statusu, nie może wykroczyć poza formę rozumu, rozwijająca się w tak szczególny sposób. Forma ta leży także w podstawie tej książki. Może jako ludzie myślący świat, siebie i innych ludzi faktycznie skazani jesteśmy na przebywanie w "umysłowym matrixie"?

Duchowość jako forma swobodnej twórczości

W przypadku fizyki umysł pozostaje na uwięzi przyrody, związany z nią metodą hipotetyczno-eksperymentalną. Takich wyraźnych powiązań z zewnętrznymi przedmiotami nie ma w przypadku bardziej swobodnej twórczości, na przykład matematycznej czy muzycznej. Jest tylko tworzywo o pewnych właściwościach, do którego umysł - wyrażając się w tym tworzywie - dostosowuje się.

Zwróćmy się ku matematyce. Załóżmy *ad hoc* (czego poprawność postaram się uzasadnić w jednym z dalszych rozdziałów), że matematyka jest swobodnie rozwijaną przez umysł teorią pierwotnych jakości zmysłowych. Nie byłaby więc w swoim rozwoju ograniczana przez cokolwiek, co nie jest przestrzenną formą ciał rozciąglących, w ich różnorodności, podobieństwie, wielości, ruchu. Ale to byłoby tylko pewnym tworzywem, które pozwala duchowi na jego swoiście konstruktywne i całościowe wyrażenie się.

Prof. Michał Heller, ksiądz katolicki i znany polski filozof nauki w jednym z wywiadów zatytułowanym *Dowód na istnienie Boga*, mówi: "Ja się najlepiej modlę wtedy, gdy pracuję nad matematyką. Dlatego że matematyka to absolut, jedyny obszar ludzkiej działalności, który nie został dotknięty grzechem pierworodnym. W matematyce wszystko jest tak, jak powinno być. Nie może być inaczej."

A teraz muzyka. Oto słucham muzyki. I nagle przychodzi zrozumienie, że to nie jest tak, iż odsłuchuję muzykę jako coś zewnętrznego, zapisanego na taśmie magnetycznej czy zawartego w zapisie nutowym lub zamrożonego w instrumentach orkiestry symfonicznej. Ja tę muzykę stwarzam z dźwięków, usłużnie podsuwanych przez umysł. Stwarzam wprawdzie według przez kogoś ułożonego planu, odczytywanego przeze mnie uchem lub okiem (zapis nutowy), lecz sama muzyka wypływa ze mnie, z mojego ducha, tak jak wcześniej wypływała z ducha kompozytora.

Materiałem są dźwięki, które współwytwarza coś na zewnątrz mojego umysłu, jednakże komponując (co mi się także zdarzało), zwykle starałem się dobrać dźwięki do muzyki, a nie odwrotnie. Nie muszę podporządkowywać muzyki czemuś na zewnątrz, choć umysł wyraża się tutaj w pewnym tworzywie, powoływany do istnienia także przez coś zewnętrznego.

Barwa dźwięków, także ich harmonijność, to mój umysł. Dynamika rozwijającej się frazy muzycznej warunkowana jest naturą mojego ducha. Doświadczam tego. Jest we mnie coś nieokreślonego, lecz pozostającego w pełnej gotowości do wykreowania zjawiska muzyki.

Muzyka to jednia dźwięków i „myśli muzycznej”, podległej także poruszeniom duszy. Same dźwięki to *qualia*. Aby zaistniała muzyka, dźwięki we władanie musi przejąć duchowość.

Muzykę zwykle współtworzy także pierwiastek uczuciowo-emocjonalny. Jest ona często czymś więcej, niż *quasi*-matematyczną kompozycją, na przykład w stylu pewnych utworów J.S. Bacha. Matematyka zdaje się posiadać więcej cech absolutu, aniżeli muzyka.

Muzykę i matematykę pozostawmy samym sobie (i "modlącym się" twórcom). Niech umysł samoistnie funkcjonuje w odpowiednim tworzywie tak, jak potrafi. W tej książce zajmuję się głównie fizyką.

Logika i przyczynowość

W niniejszym podrozdziale szkicuję specyficzną teorię źródeł logiki i przyczynowości. Odwołuję się przy tym do wypowiedzi znaczących twórców fizyki XX wieku, takich jak na przykład Einstein i Heisenberg, a także wypowiedzi pewnych filozofów, eksponujących znaczenie wiedzy *a priori*.

Tez skicowanej tutaj teorii nie da się zweryfikować bezpośrednio empirycznie; mają one, podobnie jak większość tez tego rozdziału, status hipotez apriorycznych, sprawdzalnych pośrednio, na przykład poprzez odniesienia do żywego poznawania przyrody.

Logika naturalna

Einstein twierdził, że „Wszystkie wielkie dokonania nauki mają swe źródło w wiedzy intuicyjnej, zawartej w aksjomatach, które następnie rozwijane są na drodze dedukcji. [...] Intuicja stanowi warunek konieczny odkrycia takich aksjomatów.”

O ile rozum jest twórczy, to czysty intelekt jest odtwórczy. I tak na przykład rozum jest tym, co doprowadza do sformułowania pojęć pierwotnych i aksjomatów systemu dedukcyjnego oraz utrzymuje ich poprawne rozumienie, zaś intelekt tym, co na gruncie tego poprawnego rozumienia ujawnia zawarte *implicite* w aksjomatach i pojęciach pierwotnych treści pochodne.

Zakładam, że – źródłowo biorąc - intelekt staje się w powiązaniu z wytwarzaniem prostych narzędzi i przedmiotów użytkowych, w kontekście krystalizowania się ogólnej formy rozumowań, skutecznie prowadzących do osiągnięcia zrozumiałego celu.

Tryby celowych działań przetwarzających w świecie mogą zostać przechwycone przez rozum (z pośrednictwem świadomości) i opracowane w postaci ogólnych pojęć i prawideł dotyczących skutecznego, wiodącego do celu rozumowania. Ta źródłowa poprawność rozumowań może wyrazić się jakąś formą logiki naturalnej.

Pierwotną więc dziedziną logiki naturalnej byłyby skuteczne, wiodące do celu rozumowania, powiązane z bezpośrednią, celową działalnością człowieka w świecie zewnętrznym.

W powyżej naszkicowanej perspektywie można byłoby przyjąć (w charakterze tropu), że jednym z kluczowych obiektów (trybów) logiki naturalnej mógłby być tryb następujący: [dla pewnych x i y {jeżeli jest celowe i możliwe, że $b(y)$, to (jeżeli $a(x)$, to $b(y)$)}].

Wyjaśniam powyższe. Załóżmy, że naszym celem jest rozplątanie głowy wrogowi (np. walka Dawida z Goliatem). Pożądany efekt można osiągnąć, trafiając we wroga odpowiednio rzuconym kamieniem. Niech symbolem lecącego kamienia będzie $b(y)$ – y symbolizuje kamień, zaś b jego pożądaną właściwość zmierzania w kierunku wroga. x jest pewnym obiektem, np. kijem (lub procą), zaś $a(x)$ – odpowiednim działaniem, pozwalającym nadać obiektowi y właściwość $b(y)$ ⁴⁹. Widać, że cała ta akcja Dawida posiada formę, przytoczoną powyżej.

Innym kluczowym obiektem logiki naturalnej byłoby prawo wyłączonego środka z kwantyfikatorem ogólnym [dla każdego y (nieprawda, że [nieprawda, że $b(y)$ i prawda, że $b(y)$]]]. Na przykład dla każdego kamienia: nie jest prawdą logiki naturalnej – choć może być prawdą fizyki – że kamień, wyrzucony w celu rozplątania głowy wrogowi leci w kierunku wroga i równocześnie nie leci. (W ramach fizyki z tym drugim przypadkiem mielibyśmy do czynienia po wprowadzeniu dwóch układów odniesienia: pierwszego związanego z nieruchomą ziemią oraz drugiego – z poruszającym się kamieniem).

Zauważmy, że z każdym podobnym działaniem człowiek może doskonalić narzędzia, którymi się posłużył, konstruując na przykład coraz doskonalsze proce i skuteczniejsze pociski (lub wytrzymalsze dźwignie). Z czasem wyrzucającą rękę mógł zastąpić jakimś rodzajem maszyny miotającej pociski.

Ogólnie można byłoby powiedzieć, że zrozumiałe fragmenty świata przyrody są wydobywane z rzeczywistości w rytm przytoczonego trybu warunkowego i pod nadzorem prawa wyłączonego środka

Intelekt zdaje się działać jak bęben w orkiestrze, wybijający rytm, do którego dopasować się musi duch, rozwijający myśl muzyczną. Jednakże nie jestem pewien poprawności tej analogii; jest chyba zbyt powierzchowna. Nie jest to jednak tutaj ważne: nie idzie o jakieś wyblęszczone definicje rozumu czy intelektu, lecz raczej o zdanie sobie sprawy z ich ogólnej natury, jako swoiście ludzkich narzędzi poznawania, ukonstytuowanych w specyficzny sposób.

⁴⁹ Przykład uderzonego kijem lub wyrzuconego procą kamienia zostanie także przywołany w rozdziale następnym, w którym omawiana jest natura związku przyczynowo-skutkowego.

Podmiot poznający *implicite* zmierza do wydobycia pewnego wyodrębniającego się fragmentu świata z jednoznacznie określonymi obiektami, wzajemnie niesprzecznymi, wyrażając tym pewne swoje konstytutywne właściwości swoiście ludzkiego podmiotu aktywnego w świecie. Gdy jednak pełna jednoznaczność w rozłączności prawdy i fałszu okazuje się niemożliwą, może zostać *explicite* sformułowana zasada, przywracająca ważność prawa wyłączonego środka w sytuacji niejednoznacznej. Przykładem może być tzw. transformacja Galileusza w mechanice klasycznej, której podstawę stanowi zasada fizycznej równoważności wszystkich układów odniesienia, poruszających się względem siebie ruchem jednostajnym i prostoliniowym, „ratująca” dla mechaniki prawo wyłączonego środka *explicite* wprowadzonym w strukturę teorii pojęciem względności ruchu. Nie jest wtedy prawdą, że ciało porusza się i jednocześnie nie porusza; jest prawdą, że porusza się w określony sposób względem jednego inercjalnego układu odniesienia, a na przykład spoczywa względem innego takiego układu.

Według Arystotelesa logiczne prawo wyłączonego środka nie może zostać dowiedzione, gdyż każdy dowód musiałby się nim posłużyć, lecz musi ono zostać założone przez każdego, kto cokolwiek dowodzi. Czy ta swoista *aprioryczność* prawa wyłączonego środka nie może wynikać z naturalnego usytuowania człowieka w rzeczywistości? Z natury jego swoiście ludzkiej aktywności w świecie, jako współkonstituującej świadomość i odpowiednio wydobywającej zrozumiąły świat? Nawet przed trybami logiki jest usytuowany prawdziwy, stający się i rozwijający poznanie człowiek czy – wcześniej i głębiej – pra-przodek człowieka.

Hegel pisał: „Przesąd, że za pomocą logiki uczymy się myśleć, w czym dopatrywano się korzyści, jaką ona przynosi i co wobec tego uchodziło za jej cel – tak jak gdybyśmy dopiero dzięki studiowaniu anatomii i fizjologii uczyli się trawić i poruszać – przesąd ten zniknął już dawno”⁵⁰. Może jednak Hegel sformułował to stwierdzenie trochę przedwcześnie? Współcześnie również jednym z celów nauczania/wykładania logiki jest nauczanie studentów logicznego myślenia, jednak myśleć logicznie uczymy się głównie na przykład w toku efektywnych działań wytwórczo-poznawczych, dotyczących przyrody, zwykle nie zauważając tego nawet, nie zaś z książek czy wykładów, dotyczących logiki. Brzmi to jednak nawet współcześnie jak herezja.

U podstaw zrozumiałego świata jest usytuowana forma logiczności świata (oraz – jak zobaczymy – forma związku przyczynowo-skutkowego), stająca się wraz z powstaniem swoiście ludzkiej świadomości. Ludzki podmiot poznający dysponuje intelektualnym narzędziem – logiką – zapewniającym między innymi niesprzeczną uświadamialnych obiektów wydobywanego świata, przejmowanych przez rozum w postaci pojęć ogólnych. Wydobywany świat (np. fizyki), przynajmniej jego poziom makroskopowy, podlega logice

⁵⁰ George Hegel, *Nauka logiki*, tłum. A. Landman, Warszawa 1967.

dwuwartościowej, gdyż inaczej nie mógłby być naszym, po ludzku uświadamialnym i zrozumiałym światem. Nie musi to jednak dotyczyć już samej rzeczywistości.

Logika naturalna nie jest sama w sobie konstruktywnym narzędziem myślenia; ona tylko ogólnie wyraża swoje źródła: powtarzalne, wspólne formy celowych i skutecznych działań człowieka w świecie, abstrahując w tym od treści działań konkretnych i od konkretnych obiektów poddawanych działaniu i myśleniu pojęciowemu.

Gdy podmiot podporządkuje sposób swojego rozumowania formie logicznej, to ujmie świat intelektualnie. Gdy dodatkowo nie podda swojego toku myślenia rozumowi i kontroli obserwacyjno-eksperymentalnej, to *implicite* zażąda wtedy od rzeczywistości, by dostosowała się do intelektu. Jednakże wiedza wypływająca z przeintelektualizowanych rozumowań bywa zwykle tylko pozorem wiedzy, chociażby z tego powodu, że dowolnie (arbitralnie) są formułowane, dobierane czy interpretowane pojęcia pierwotne i wyjściowe pewniki.

Rzeczywistość zamyka się przed intelektem. Intelekt szuka więc odpowiedzi w sobie samym i często je znajduje, ale tylko na swoją miarę i na przykład na miarę wolicjonalnie rozumianych pojęć. Koło się zamyka. Wygenerowana przez intelekt wiedza pozorna przedstawia się świadomości jako jedynie prawdziwa, wyobcowując człowieka ze świata i rzeczywistości.

Przyczynowość

Przyczynowość to z grubsza biorąc zobiektywizowana relacja pomiędzy dwoma rzeczami, powstająca, jak zakładam, w związku z naszą aktywnością przetwarzającą w świecie, z których pierwsza rzecz jest postrzegana jako wytwarzająca drugą lub za nią odpowiedzialna.

Tak rozumiana przyczynowość dotyczy – źródłowo biorąc – „twardych bryłek” wokół nas (termin, użyty przez Bertranda Russell'a), dających się bezpośrednio przetwarzać, niekoniecznie zaś obiektów takich, jak umysł człowieka czy mikroobiekty fizyki (np. tzw. cząstki elementarne).

W celu wyeksponowania źródeł idei przyczynowości powróćmy do przykładu z uderzonym kamieniem z podrozdziału poprzedniego (kamień uderzony kijem w celu zabicia wroga; także np. walka Dawida, posiadającego procę, z Goliatem itp.). Można zauważyć, że aby odpowiednie działanie okazało się skuteczne, tzn. aby faktycznie odpowiednio twardy kamień z odpowiednią siłą trafił w naszego wroga, to pomiędzy kijem (czy procą) a lecącym kamieniem musi zaistnieć pewien związek, źródłowo wygenerowany odpowiednim działaniem człowieka, na przykład uderzającego kamień

kijem. Związek ten może zostać uświadomiony sobie przez podmiot, zobiektywizowany (np. budową maszyny miotającej pociski) i nazwany na przykład związkiem przyczynowo-skutkowym.

Rozum może następnie przejąć tę przyczynowo-skutkową właściwość świata, stającego się zrozumiałym, we władanie, samoistnie konstruując różnorakie koncepcje przyczynowości.

Przyjmuję, że związek przyczynowo-skutkowy ma źródło w tym samym, co logika naturalna. Przy czym, wydobywając logikę naturalną, umysł abstrahuje zarówno od pośredniczącego człowieka lub narzędzia, którym człowiek się posłużył, jak i od przedmiotów, poddawanych przetwarzaniu dla osiągnięcia zamierzonego celu. W przypadku związku przyczynowo-skutkowego umysł abstrahuje jedynie od źródłowo przynajmniej pośredniczącego człowieka, koncentrując uwagę na bezpośrednich związkach pomiędzy przedmiotami, wykorzystywanymi dla realizacji celu. Wprowadzając zaś odpowiednio skonstruowane urządzenie pośredniczące (np. maszynę miotającą kamienie) umysł obiektywizuje związek pomiędzy tymi przedmiotami.

Jak wiadomo, krytykę idei przyczynowości podjął David Hume. Według Hume'a nie ma przyczyny i skutku, jest tylko następstwo czasowe bodźców zmysłowych, na podstawie którego tworzymy sobie złożoną ideę związku przyczynowo-skutkowego. Jeżeli na przykład bierzemy strzelbę i naciskamy cyngiel (przykład podany przez Hume'a), to dochodzi do nas przez palec bodziec naciskania cyngla, a po chwili słyszymy huk i błysk wystrzału. Na tej podstawie – twierdzi Hume - tworzymy sobie złożoną ideę, zgodnie z którą naciśnięcie cyngla spowodowało wystrzał. A tymczasem mamy do czynienia tylko z następstwem czasowym bodźców.

Hume nie dostrzega więc tutaj związku przyczynowo-skutkowego. Jednakże klasyczną przyczynowość zauważy tu rusznikarz, który tę strzelbę skonstruował. Tej przyczynowości nie musi zaś dostrzegać „lew salonowy”, który strzelby używa tylko podczas polowań, lub dostrzeże ją w innym miejscu, wiążąc na przykład uderzenie pocisku w cel ze śmiercią upolowanego zwierzęcia.

Dla poprawnego rozpoznania natury przyczynowości istotna okazuje się nasza manualna działalność w świecie przedmiotów materialnych, na przykład proces zaprojektowania i wykonania strzelby przez rusznikarza. Sam tylko zmysłowy ogląd rzeczy i zjawisk tu nie wystarcza.

Związek przyczynowo-skutkowy, konstytuujący się wraz z narodzinami świadomości ludzkiej, w powiązaniu z celowymi działaniami człowieka, może zostać zobiektywizowany i zwrotnie odnaleziony w świecie zrozumiałych obiektów i zjawisk.

Oto jak interpretował Heisenberg przyczynowość w ujęciu Kanta: „W filozofii Kanta

prawo przyczynowości nie jest twierdzeniem empirycznym, które może być potwierdzone lub obalone przez doświadczenie, lecz odwrotnie, jest warunkiem wszelkiego doświadczenia, należy do tych kategorii myślowych, które Kant nazywa *a priori*. [...] Wynika stąd jednak w sposób konieczny, że wszelka nauka przyrodnicza musi zakładać prawo przyczynowości, że tylko tam może być nauka, gdzie jest również prawo przyczynowości. Prawo przyczynowości jest więc w pewnej mierze narzędziem naszego myślenia, za pomocą którego próbujemy przetworzyć surowy materiał naszych wrażeń zmysłowych w doświadczenie⁵¹.

Źródłowo biorąc przyczynowość byłaby przy tym właściwością poznawanych przez człowieka obiektów makroskopowych, tych, dających się przetwarzać bezpośrednio, niekoniecznie zaś stosunków międzyludzkich, głębszych pokładów świata (np. mikroświata) czy samej rzeczywistości.

Zmysłowość zewnętrzna

Jakości zmysłowe pierwotne i wtórne

Jakości zmysłowe tradycyjnie dzieli się na pierwotne i wtórne. Według *Słownika Filozoficznego* Lacey „rozdzielenie [na zmysłowe jakości pierwotne i wtórne jest] tak stare jak filozofia grecka, ale po raz pierwszy opracowane przez Locke’a, pomiędzy takimi jakościami jak kształt lub prędkość, które zdają się należeć do rzeczy niezależnie od obserwatora (pierwotne), a takimi, jak kolor lub smak, które wydają się zależne od obserwatora (wtórne). Terminy „pierwotne” i „wtórne” pochodzą od siedemnastowiecznego chemika R. Boyle’a. Są trudności z zasadnym i szczegółowym dokonaniem tego rozróżnienia, chociaż występuje szeroka zgodność co do tego, że w jakiejś formie ono istnieje.”⁵²

Już Demokryt stwierdzał: „Naprawdę istnieją tylko atomy i próżnia, a słodycz i gorzki, ciepło i barwy są subiektywne; mniema się i wyobraża, że istnieją postrzegane własności, tymczasem nie istnieją, a istnieją tylko atomy i próżnia”⁵³.

Także Galileusz – „ojciec fizyki nowożytnej” – odróżnia jakości pierwszorzędne (pierwotne), takie jak położenie, ilość, kształt i ruch ciał, od drugorzędnych (wtórnych), takich jak kolory, zapachy i smaki. W *Il Saggiatore (Waga probiercza)* z 1623 roku można znaleźć fragment następujący: „Sądzę, że do pobudzenia w nas wrażeń smaku, zapachu i dźwięku nie potrzeba w zewnętrznych ciałach nic prócz kształtów, ilości i powolnych lub

⁵¹ Werner Heisenberg, *Część i całość*, op. cit., s. 155-156.

⁵² A.R. Lacey, *Słownik Filozoficzny*, przeł. Roman Matuszewski, Poznań 1999, s. 108,

⁵³ Cyt. za: Władysław Tatarkiewicz, *Historia Filozofii*, t.1, Wydanie VII, PWN W-wa, s. 37.

szybkich ruchów. Myślę, że gdyby odjąć nam uszy, języki i nosy, to kształty, ilości i ruchy by pozostały, lecz nie zapachy, smaki i dźwięki. Sądzę, że te drugie są tylko nazwami, gdy oddzielić je od stworzeń żywych⁵⁴.

Locke podzielił jakości odnajdywane w świecie na trzy kategorie. Pierwszą grupę stanowią jakości pierwotne, takie jak zwartość, rozciągłość, kształt, ruch, spoczynek, masywność, ilość, tekstura i rozmiar; te jakości, jak mówił, są w ciałach niezależnie od tego, czy je oglądamy czy nie. Drugą i trzecią grupę tworzą jakości zwane wspólnie wtórnymi (drugorzędnymi), z których jedne są ujmowane jedynie bezpośrednio percepcją (kolory, dźwięki, smaki itp.), inne zaś są pewną możliwością generowania zmian w obszarze innych jakości wtórnych (np. możliwość ogrzania drugiego ciała czy roztopienia ołowiu, zmiany smaku potrawy poprzez dosypanie ostrej przyprawy, itp.). Jednakże to, co rzeczywiście różnicuje jakości pierwotne i wtórne, sprowadza się według Locke'a do pytania, czy idee są podobne do obiektów. Jak stwierdza Locke: „Idee jakości pierwotnych, przypisywanych obiektom, są obiektom podobne, ich wzorce zaś realnie istnieją w ciałach w sobie; jednakże idee, wytwarzane w nas przez jakości wtórne, nie wykazują żadnego podobieństwa do ciał⁵⁵.”

Można zauważyć, że Locke do jakości wtórnych zaliczył także przyczyny powstawania i zmiany jakości wtórnych, zakładając, że przyczyny te leżą także po stronie jakości wtórnych. Fizyka nowożytna rozwinęła się w innym kierunku: rekonstruuje zmysłowość wtórną, sprowadzając ją do pierwotnej za pomocą odpowiednich praw oraz wiedzy o budowie narządów zmysłowych.

Zasada redukcji jakości wtórnych do pierwotnych

Podobnie, jak niezgłębiony jest umysł człowieka, tak niezgłębiona jest natura umysłowej podstawy wrażeń zmysłowych. Zieleni czy błękit to jakości, które wraz z powstaniem świadomości możemy różnicować, nazywać i kontemplować, których jednakże – jako zieleni czy błękitu – nie rozumiemy, gdyż nasze władze poznawcze, w tym rozum, nie mają dostępu do wnętrza umysłu. Możliwa jest jedynie fizykalna, przedmiotowa rekonstrukcja wrażenia zieleni czy błękitu, a także dźwięku czy smaku. Na podstawie fizykalnej rekonstrukcji wrażeń możemy postulować materialność ich zewnętrznej podstawy. Jednakże taka rekonstrukcja nie wyjaśnia wewnątrz-umysłowego aspektu tej oto zieleni czy czerwieni.

Fizyka sprowadza wtórne jakości zmysłowe do przyczynowo określonych oddziaływań

⁵⁴ Por. np. Stillman Drake, *Galileo at Work. His Scientific Biography*, Chicago 1978, s. 284-285.

⁵⁵ John Locke, *Rozważania dotyczące rozumu ludzkiego*, przeł. B. Gawęcki, Warszawa 1955, księga 2, rozdz. 8.

pewnych fizykalnych czynników na nasze organy zmysłowe. Nie postępuje więc tak, jak Hume, szukający wyjaśnienia jakości wtórnych w innych jakościach wtórnych, jako ich przyczynach. Fizyka bazuje przy tym *implicite* na pewnej prostej zasadzie: to, czym wyjaśnia wtórne jakości zmysłowe, samo takich jakości mieć nie może, a więc nie może być przedmiotem bezpośredniej percepcji zmysłowej z *zasady*. Z apriorycznej konieczności musi więc być obiektem nie-„naocznym”, przy czym podległym pewnym prawom fizyki, warunkującym odpowiednie przejawianie się w zmysłowym świecie, i posiadającym co najwyżej zmysłowe jakości pierwotne (np. dźwięk jako drgania nie-„naocznych” mikrocząstek powietrza, światło jako fala elektromagnetyczna, smak czegoś jako powiązany z pewnym układem mikroobektów, barwa jako superpozycja fal elektromagnetycznych o różnych częstotliwościach, itp.).

Zagadnienie sprowadzania na gruncie fizyki jakości wtórnych do pierwotnych nie jest trywialne, gdyż na przykład fizyka mikroświata zdaje się w jakimś zakresie wynikiem sprowadzania naszej zmysłowości wtórnej do pierwotnej i matematyki, na gruncie wiedzy o świecie makroskopowym i uprzedzającej aktywności eksperymentalno-obszernacyjnej w świecie makro.

Jakiegokolwiek próby bezpośrednio realistycznej interpretacji przedmiotu różnych teorii mikroświata wydają się chybione, chociażby z tego powodu (ale nie tylko), że mikroświat jest *także*, choć pośrednio, osadzony w nieuchwytnych rozumem qualiach.⁵⁶

⁵⁶ Qualiami nazywamy odczuwalne lub zjawiskowe jakości, związane z doświadczeniami zmysłowymi, np. słyszeniem dźwięków, odczuwaniem bólu, odbieraniem barw. Qualia współwarunkowane są biologicznie i związane są z żywymi organizmami. Nie istnieją poza żywym organizmem. Prawdopodobnie różnią się w zależności od gatunku, nie mamy jednak wglądu w umysły zwierząt. Nie wiemy nawet, czy są one tożsame w obrębie jednego gatunku (a nawet, czy to, co nazywam czerwienią, jest tym samym, co czerwienią nazywa inny, zdrowy człowiek; *a priori* przyjmujemy, że tak jest w istocie).

6. Pas graniczny pomiędzy duchem a materią

Oglądając obiekty świata i czyniąc to z pewnym natężeniem uwagi, różnicując je lecz nie angażując przy tym myśli, pamięci lub wyobraźni, nie posiadamy kryterium, które pozwoliłoby rozstrzygnąć, czy obiekty te egzystują w naszych umysłach czy poza nimi. Używając skrótu myślowego mówił będę, że te biernie i nie-myślnie oglądane obiekty egzystują w wirtualnym (pomyślanym tylko) *pasie granicznym* pomiędzy duchem a materią. Przy czym ograniczę rozważania tylko do percepcji wzrokowej, głównie ze względu na decydujące znaczenie naoczności dla nowożytnego przyrodoznawstwa.

Obiekty pasa granicznego usytuowane są pomiędzy samoistną kreatywnością ducha (np. w dziedzinie matematyki), a manualną, przetwarzającą aktywnością człowieka w świecie zewnętrznym.

Obiekty pasa granicznego nie wykazują tego wszystkiego, co ujawnia się wraz z przetwarzającą aktywnością człowieka w świecie. Nie wykazują więc masy i ciężaru, twardości lub miękkości, podatności lub nie na przekształcania czy obróbkę. Krótko mówiąc nie wykazują między innymi tego wszystkiego, czego badaniem zajmuje się fizyka.

Z drugiej strony obiekty pasa granicznego posiadają wielkość i kształt, są do siebie podobne lub nie, można je policzyć, są jakoś wzajemnie usytuowane, przemieszczają się lub spoczywają względem siebie. Wykazują więc między innymi te wszystkie właściwości, którymi interesuje się matematyka.

Obiekty pasa granicznego posiadają także wtórne jakości zmysłowe, mogą być kolorowe, mogą wydawać jakieś dźwięki czy generować zapachy.

Umysł, twórczo przetwarzając obiekty pasa granicznego i nie wykraczając przy tym w sferę zewnętrzną, związaną z manualnym przetwarzaniem obiektów świata, nie tylko że samoczynnie potrafi skonstruować abstrakcyjny obiekt matematyczny taki jak na przykład sześcian bez koloru i smaku, ale także frazę muzyczną czy wielobarwnego, baśniowego smoka.

Pas graniczny łączy wewnątrz umysłu ze światem zewnętrznym. Jest zarówno zakotwiczeniem matematyki czy muzyki, jak i baśniopisarstwa. Ale jest także wrotami konstruktywnego ducha, prowadzącymi w świat fizyki (i innych nauk przyrodniczych). Przy czym fizyka staje się, gdy tę wewnętrzną aktywność umysłu uzupełnimy nadrzędną, wyprzedzającą aktywnością człowieka w świecie, przetwarzającego obiekty świata, na przykład w narzędzia, przyrządy pomiarowe, czy układy eksperymentalne. A ponieważ to przekształcanie dotyczy także tego, co matematyczne w obiektach zewnętrznych (np.

ilości, kształtów, przemieszczania się,...), fizyka ma na podorędziu pewnego rodzaju tworzywo, wykreowane przez umysł - matematykę właśnie - z którego może wytwarzać swoje prawa, zasady i teorie.

7. Jakości zmysłowe a fizyka i matematyka

W niniejszym rozdziale podejmuję, między innymi, zagadnienie natury matematyki. Z matematyką, jako fizyk, żyty jestem od dawna (będzie już ponad 40 lat), lubię ją i cenię. Do podjęcia w tej książce tematu natury matematyki przygotowywałem się starannie. Aby mieć przegląd podstawowych problemów matematycznych oraz w celu głębszego ich zrozumienia zająłem się między innymi przekładem na język polski książki Williama Dunhama, *The Mathematical Universe. An Alphabetical Journey Through the Great Proofs, Problems, and Personalities*, John Wiley & Sons, Inc. (William Dunham, *Matematyczny Wszechświat. Podróż przez wielkie dowody, problemy i osobowości matematyczne*, Zysk I S-KA, Poznań 2001). Jestem przekonany, że wyczuwam istotę matematyki. Ale oczywiście mogę się mylić...

Fizykalna redukcja jakości wtórnych do pierwotnych

„...żadna myśl nie może się zrodzić w naszym mózgu niezależnie od naszych pięciu zmysłów”⁵⁷ (Albert Einstein).

Wrota zmysłowości wtórnej nie są pominięte w nowożytnej fizyce. W rozwiniętej fizyce zmysły zdają się spełniać ważne funkcje kontrolne. Fizyczne wyobrażenia świata nie są jednak wyprowadzane bezpośrednio z danych zmysłowych.

Powstaje pytanie, jak umysł uwalnia nasze poznanie, przynajmniej w obszarze fizyki nowożytnej, od konieczności uwzględniania *explicite* wtórnych jakości zmysłowych w obiektach fizyki takich jak na przykład masa bezwładna, dipol magnetyczny czy elektron. Takie obiekty fizyki nie są przecież ani kolorowe, ani pachnące. Gdy jednak założymy, że wrota zmysłowości wtórnej nie są pomijane w nowożytnej fizyce, rodzi się pytanie: w jaki więc sposób *implicite* wtórne jakości zmysłowe zawarte są w takich obiektach? Jaka jest ogólna forma redukcji zmysłowości wtórnej do pierwotnej i matematyki?

W przypadku obiektów mechaniki klasycznej takich jak masa bezwładna lub grawitacyjna tym, co przydaje im realności obiektów rozciągniętych i ukształtowanych, a przy tym pozbawionych wtórnych jakości zmysłowych, jest matematyka (między innymi geometria euklidesowa i stereometria), wykorzystywana jako tworzywo własne praw i zasad mechaniki. Za sprawą matematyki masy jako najogólniejsze obiekty mechaniki newtonowskiej mogą być powiązane z punktami matematyki lub bryłami stereometrii.

⁵⁷ Cytat za: W. Hermanns, *A Talk with Einstein*, 1943, archiwum Einsteina.

Jednakże realne ciała makroskopowe bywają barwne i pachnące. Ich zmysłowe jakości wtórne są w fizyce wyjaśniane właściwościami mikroobektów, takich, które same ze swej natury – jako nie naoczne – nie wykazują wtórnych jakości zmysłowych z *zasady*.

To, co ma wyjaśniać naturę wtórnych jakości zmysłowych, samo nie może takich jakości posiadać, niezależnie od tego, czy istnieje jako takie, czy jest tylko wytworem umysłu. Podstawą wyjaśniania jakości wtórnych nie mogą więc być bezpośrednio naoczne ciała makroskopowe.

A priori odpowiedni mikroobekt (lub ich zbiór, a także na przykład superpozycja fal stojących wypełniających jakąś „czarną skrzynkę”) powinien więc posiadać takie właściwości, by – sam jakości wtórnych nie wykazując – z *konieczności* przyczyniał się do ich powstawania, odpowiednio przejawiając się w świecie makro (np. atom wodoru z „przeskakującym” elektronem, emitujący fotony, czy chaotycznie poruszające się cząstki „gazu doskonałego”, wypełniające cylinder z tłokiem, i przydające ściankom tego cylindra temperatury).

Fizyka nie ignoruje zmysłowości wtórnej, zawiera ją w sobie, co wyrazić można powyżej użytym określeniem „z konieczności”.

Ogólna forma redukcji zmysłowości wtórnej do pierwotnej przedstawia się, w pewnym szczególnym aspekcie, następująco. Ciała makroskopowe są "pozbawiane" wtórnych jakości zmysłowych drogą ich matematyzacji. Matematyka jest wtedy "tworzywem własnym" odpowiednich teorii makroskopowych (np. mechaniki klasycznej). Jednakże, po dokonaniu takiej abstrakcji, realne ciała nadal posiadają jakości wtórne; nie posiadają ich jedynie obiekty odpowiedniej teorii. Powstaje potrzeba sprowadzenia jakości wtórnych ciał realnych do jakości pierwotnych pewnych (mikro)obektów, co jest możliwe na poziomie nieobserwowalnym bezpośrednio, i "wywiezienia" tych mikroobektów, w ich zjawiskowych przejawach, na poziom makroskopowy.

Dobrym przykładem może tu służyć proces powstawania teorii gazu doskonałego. Będzie on omówiony szczegółowo w części, poświęconej dziejom fizyki. Jako inny przykład można przywołać ruchy Browna, w momencie, w którym została wyjaśniona ich natura (1905 r.). Bezpośrednio obserwujemy przez mikroskop chaotyczny ruch drobin zawiesiny jako *obektów mikroskopowych*, spowodowany termicznym ruchem *mikroobektów fizyki*, takich jak na przykład cząsteczki wody (ówcześnie nie do zaobserwowania bezpośrednio). Zauważmy, że drobinę zawiesiny (obiekty mikroskopowe) posiadają wtórne jakości zmysłowe (usypany z nich stos będzie barwny i być może pachnący). Nie dawało się jednak pomyśleć stosu barwnego i pachnącego, usypanego z cząsteczek wody.

Wrota zmysłowości wtórnej nie są pomijane w nowożytnej fizyce, gdyż zmysłowość

wtórny można odnaleźć na przykład w specyfice mikroobiekty, pozbawionych wprowadzić wtórnych jakości zmysłowych, lecz tak uformowanych przez rozum, że przyczyniających się do ich powstawania.

Zauważmy, że ze względu na konieczność posiadania powyżej określonych właściwości odpowiednie mikroobiekty – jeżeli nie zostaną wykryte w przyrodzie – mogłyby zostać skonstruowane jako takie i postulatywnie wniesione w przyrodę (np. cząstki gazu doskonałego w początkach odpowiedniej teorii). Istnieje także możliwość pośrednia, mianowicie taka, że odpowiednie mikroobiekty są niezależnie wykrywane w przyrodzie (np. elektron). Przy czym miałyby tu zastosowanie nieco zmodyfikowane twierdzenie Immanuela Kanta („Warunki możliwości doświadczenia są zarazem warunkami możliwości przedmiotu doświadczenia”⁵⁸): 'ogólne warunki możliwości eksperymentu makroskopowego, dotyczącego właściwości mikroobektu, są zarazem warunkami możliwości przejawiania się na poziomie makro samego mikroobektu jako uprawnionego obiektu fizyki.'

Jeżeli jednak odpowiednie mikroobiekty nie zostały (jeszcze) niezależnie wykryte, to umysł *wpierw* je specyficznie konstruuje, jako pozbawione wtórnych jakości zmysłowych i zdolne do przejawiania się w świecie makro, przypisując im wstępnie dobrze określone właściwości wzięte z fizyki makroświata, w tym także właściwości matematyczne, i wnosi je w mikroświat po to, by w ogóle umożliwić sobie rozumienie tego, co się tam dzieje, a dopiero później stara się obiekty te urealnić. Występuje wtedy pewne przesunięcie fazowe na rzecz kreatywnej aktywności umysłu, przygotowującego w mikroświecie miejsce dla rozumu.

Forma redukcji zmysłowości wtórnej do pierwotnej i matematyki, usytuowana jest przed konkretnymi już i swoistymi właściwościami, przypisywanymi mikrocząstkom na bazie eksperymentalnej. Na przykład najpierw powstał ogólny model gazu doskonałego, z pomocą którego zamierzano wyjaśnić zjawiska cieplne, a dopiero potem konkretyzowano ten model, urealniając jego obiekty do szczególnych już rodzajów mikrocząstek (np. model van der Waalsa), odpowiednio do wyników różnorodnych eksperymentów makroskopowych, utrzymując przy tym możliwości rozumienia świata mikro.

Wiemy, że wiele ze wstępnych założeń dotyczących mikroświata legło w gruzach wraz z powstaniem mechaniki kwantowej. Rozum ustaje, próbując na przykład zrozumieć czaso-przestrzennie przeskok elektronu z orbity na orbitę atomu i w zderzeniu z rzeczywistością częściowo wycofuje się z wygodnego pomieszczenia, uprzednio przygotowanego w mikroświecie.

⁵⁸ Immanuel Kant, *Krytyka czystego rozumu*, op. cit.

Zakotwiczenie matematyki

Mając na uwadze wszystko to, co powiedziano już i napisano o subiektywności jakości wtórnych i obiektywności pierwotnych, rozdzielię jakości pierwotne i wtórne według kryterium, korespondującym z konstruktywną naturą umysłu.

Różnicuję jakości zmysłowe na pierwotne i wtórne z perspektywy konstruktywnych właściwości ducha, przejawiających się matematyką, nie zaś – jak to się czyni tradycyjnie – z perspektywy naocznego oglądu uświadamialnych obiektów świata i intelektualnego różnicowania ich właściwości.

Zakładam, że duch matematyczny wyodrębnia ze świata i swoiście przetwarza to wszystko, co tradycja filozoficzna nazywa pierwotnymi jakościami zmysłowymi. Można by rzec, że jakości pierwotne są naturalnym tworzywem dla matematyki. Albo inaczej: matematyka jest swobodnie rozwijaną przez ducha teorią pierwotnych jakości zmysłowych.

Nie mając zwrotnych odniesień do empirii (zaawansowane teorie matematyczne nie podlegają empirycznej sprawdzalności w świecie zewnętrznym) duch rozwija matematykę swobodnie, na miarę swoich konstruktywnych właściwości, funkcjonujących tutaj bez żadnych dodatkowych, degradujących uwarunkowań, takich jak ego czy wola⁵⁹. Jest tak, jak mówił Michał Heller w jednym z wywiadów: "...matematyka to absolut, jedyny obszar ludzkiej działalności, który nie został dotknięty grzechem pierworodnym. W matematyce wszystko jest tak, jak powinno być. Nie może być inaczej."

To, co filozofia nazywa jakościami pierwotnymi, gdy zostanie rozłożone przez umysł na czynniki elementarne, można postrzegać jako źródłowe zakotwiczenie matematycznego umysłu. W pewnym sensie idzie tutaj o elementarność, leżącą u podstawy pojęć pierwotnych i aksjomatów systemów takich, jak geometria Euklidesa czy arytmetyka liczb naturalnych – przy czym mamy tam do czynienia z pewną już intelektualizacją tych podstaw.

Duch matematyczny zakotwiczony jest w świecie zewnętrznym za pośrednictwem obiektów omówionego wcześniej „pasa granicznego”, bezpośrednio umysłowi dostępnych i odnoszących się także do świata zewnętrznego względem umysłu.

Elementarność matematyczne, jako wydobyte z naocznych obiektów pasa granicznego, oczyszczonych przez umysł z jakości wtórnych, obiektywizują teorie

⁵⁹ Choć znany jest przypadek odwołania się E.J Goodwina, pewnego amerykańskiego (pseudo)matematyka, do ciał ustawodawczych stanu Indiana w USA, żądającego, by Senat stanu zadekretował poprawność jego (błędnej) metody obliczenia wartości liczby pi (uzyskał $\pi=4$).

matematyczne, sprawiając, że ich przedmioty nie są obiektami baśniowymi, dowolnie skonstruowanymi.

Skąd jednak „matematyczny” umysł wie, gdy działa prawidłowo, w zgodzie ze swoją naturą, z czego oczyścić powinien naoczne obiekty pasa granicznego; skąd wie, co jest nie matematycznego w tych obiektach?

Zauważmy, że uświadomienie sobie zieleni liści, zapachu kwiatów czy huku startującego odrzutowca nie wymaga ze strony podmiotu jakiegokolwiek ruchu myśli. Jakości wtórne są w bezpośrednim odbiorze obiektami zindywidualizowanymi i dopiero fizyka doszukuje się w nich tego, co wspólne i ogólne. Wystarcza świadomość sensoryczna. W przypadku takich właśnie jakości myślenie uruchamiane jest dopiero wtedy, gdy chcemy wytworzyć ferię barw, kaskadę dźwięków, perfumy o egzotycznym zapachu, potrawę o wykwintnym smaku, albo wtedy, gdy poszukujemy w ramach fizyki odpowiednich praw i zasad, dotyczących sposobu generowania tych jakości, i to myślenie stowarzyszone musi być z odpowiednim działaniem. Tymczasem obserwacja jakości pierwotnych, takich jak na przykład objętość czy kształt, ze względu na niczym nieograniczoną wielość bezpośrednio obserwowanych kształtów i objętości i ich przemian, uruchamia myślenie bezpośrednio, bez jakiegokolwiek uprzedzającej akcji w świecie. Matematyczny umysł, stając się, abstrahuje od tego wszystkiego w obiektach naocznych, co nie generuje bezpośrednio i samoczynnie ruchu myśli; w tym abstrahuje od jakości wtórnych.

Można by rzec, że matematyka staje się za sprawą samoistnej ekspansji ducha w tworzywo jakości pierwotnych.

Jakości współwarunkowane biologicznie, których jednoznaczna percepcja nie wymaga ruchu myśli, nie są bezpośrednim przedmiotem zainteresowania matematycznego umysłu, który - wyodrębniając jednorodną całość jakości pierwotnych - odrzuca je jako nieistotne.

Matematyka a fizyka

Czy sama matematyka mówi coś o rzeczywistości?

Michał Heller: "Świat ma tę bowiem dziwną właściwość, że można go badać matematycznie. Nie wiemy, na czym ta właściwość polega, ale właśnie dlatego nauka jest możliwa."

Gdy fizyka pragnie sprowadzić wiedzę do jakiejś teorii podstawowej, w której nie występowałyby zmysłowe jakości wtórne, to ma już pod ręką odpowiednie tworzywo – matematykę – w którym osadzić może swoje prawa i zasady. Dlatego bywa

wykorzystywana zarówno w fizyce makroświata, jak również w fizyce mikroświata.

Nie powinno dziwić, że matematyka jest tak przydatna w fizyce, a przynajmniej wtedy, gdy założymy, że - będąc swobodnie rozwijaną przez umysł teorią jakości pierwotnych - źródłowo dotyczy tego poziomu świata, na którym ostatecznie sprawdzamy empirycznie wszelkie hipotezy.

Jednakże nie powinniśmy zastępować fizyki matematyką (czy na przykład czystą fizyką matematyczną). Matematyka czasami przesłania istotę zjawisk fizycznych. Doskonale zdawali sobie z tego sprawę fizycy tacy, jak na przykład Bohr, Einstein, Faraday, Feynman, utrzymując matematykę w tle swoich badań. Także Newton zapewne miał najpierw pomysł na spójną mechanikę (a z całą pewnością dotyczy to np. Roberta Hooka; zob. rozdział, dotyczący powstania fizyki nowożytnej), a dopiero potem poszukiwał środków matematycznego wyrazu dla jej zasad i praw (np. rachunek fluksji i fluent).

Gdy bliżej przyjrzymy się źródłom matematyki, to może uzasadnione staje się pytanie, czy fizycy nie za bardzo wierzą w matematykę, jako w narzędzie, otwierające wrota do rzeczywistości? Tymczasem może jest tak, że matematyka nie wykracza w swoich odniesieniach do przyrody poza makroskopową powierzchnię zjawisk, całą swoją moc i złożoność czerpiąc głównie z umysłu, który ją tworzy i rozwija według praw własnych? Może jest tak, jak pisał Bertrand Russell, że „...fizyka jest matematyczna nie dlatego, że tak dużo wiemy o świecie fizycznym, lecz dlatego, że wiemy o nim tak mało: jego właściwości matematyczne są jedynymi, które potrafimy odkryć”⁶⁰.

Może jako fizycy czy filozofowie ulegamy czasami złudzeniu, że to matematyka jest dziedziną, ontologicznie najdonioślejszą (np. Roger Penrose czy Michał Heller)?

Przy czym matematyka nie jest – jak się często uważa, cytując przy tym pewną wypowiedź Galileusza – tylko językiem fizyki. Nie jest także fizyką. Matematyka współtworzy fizykę nowożytną jako jej konstytutywne i niezbywalne tworzywo, czasami – jak na przykład w przypadku mechaniki klasycznej – jako "tworzywo własne", z którego specyficznie, w kontekście aktywności ukierunkowanej na zewnątrz, są wytwarzane ogólne prawa fizyki.

Nie sposób jednak oprzeć się wrażeniu, że sama czysta matematyka, rozszerzając świat pierwotnych jakości zmysłowych, także coś mówi o rzeczywistości; że w matematycznym tworzywie fizyki *implicite* zawarte są pewne prawdy, dotyczące wprost rzeczywistości, z której wydobywany jest materialny świat fizyki. Matematyczne tworzywo fizyki zdaje się momentami żyć własnym ukrytym życiem poznawczym,

⁶⁰ Bertrand Russell, *An Outline of Philosophy*, London: George Allen and Unwin. Repr. as *Philosophy*, New York: W.W. Norton, 1927, s. 163.

dotyczącym świata materialnego. Postrzega to wielu i tradycja pitagorejska w filozofii nauki nigdy nie zginęła. Bywała także bardzo płodna w dziejach fizyki, by podać przykład Keplera, którego badaniami pitagoreizm sterował *explicite*. Heinrich Hertz, zauroczony siłą równań Maxwella napisał: „Trudno jest oprzeć się poczuciu, że wzory matematyczne są obdarzone niezależnym istnieniem i własną inteligencją, że są mądrzejsze od nas, mądrzejsze nawet od swych odkrywców, że wyciągamy z nich więcej, niż pierwotnie w nie włożono”. Matematycznego tworzywa fizyki nie można więc porównywać z plasteliną bezwolnie poddającą się woli fizyka kształtującego ilościowe prawa, ma ono własny ukryty charakter, żyje własnym życiem i jak dotąd zdaje się sprzyjać wysiłkom poznawczym fizyków.

8. Powstanie fizyki nowożytnej

Wprowadzenie

Grzegorz Białkowski pisał: „Kiedy się zaś śledzi wielkie idee współczesności, z reguły odnajduje się wątki analogiczne, choć formułowane w sposób może niedoskonały, w czasach dawniejszych, zwykle jeszcze w starożytności. Ta stałość tendencji naszego umysłu do ujmowania rzeczywistości w ramy pewnych idei, pewnych kategorii, sama przez się wydaje mi się ogromnie interesująca i godna najwyższej uwagi”.⁶¹

Podzielam ten pogląd. Sądzę, że ta „stałość tendencji” wynika z nadrzędności uniwersalnej, podmiotowej formy poznawania nad jakimikolwiek konkretnymi już wynikami fizyki. Ta myśl jest jednym z fundamentów rozwijanej tutaj teorii poznania.

Fizyka, zawarta w tej książce, choć zubożona o wzory matematyczne, jest fizyką realną. To, co przedstawiam jako fizykę, jest pojęciowym aspektem fizyki rzeczywistej. Przy czym matematyka jest tutaj zawarta *implicite*, w tle, jako medium sprawiające, że fizyka nowożytna jest taka a nie inna.

Brak wzorów matematycznych, oprócz oczywistych wad, ma pewne zalety, gdyż często przesłaniają one to, co jest podstawą *każdej* nauki: myśl, swoiście ujmującą przedmiot poznawania. Poza tym książka nadal pozostaje czytelna także dla tych wszystkich, którzy matematyki nie znają w stopniu wystarczającym.

Podejmuję tylko te wątki z dziejów fizyki i fizyki współczesnej, które w kontekście rozwijanej tu *meta*-fizyki zdają się prezentować ciekawiej i głębiej, niż w ujęciu prostomyślnym.

Arystoteles o ruchu ciał

Wiedza bezpośrednia, dotycząca ruchu

Arystoteles (384 - 322 p.n.e.) był dobrym obserwatorem. Co mógł zobaczyć w związku z ruchem ciał? Rozejrzyjmy się wokół, nie zakładając fizyki nowożytnej. Spróbujmy zobaczyć zjawiska ruchu w sposób bezpośredni, nie uprzedzony jakimkolwiek przedrozumieniem. Sami jesteśmy badaczami, a nie "papierowymi ludźmi", czerpiącymi wiedzę głównie z książek.

Spostrzeżemy, że ciała, puszczone swobodnie, spadają pionowo. Nie zauważymy przy

⁶¹ Grzegorz Białkowski, *Stare i nowe dzieje fizyki*, Warszawa 1980, t. 1, s. 7.

tym żadnych wyraźnych różnic w spadku na przykład kul drewnianej i ołowianej o tej samej wielkości. Różnica pojawi się dopiero wtedy, gdy porównamy na przykład spadek kuli ołowianej ze spadkiem kuli, uzyskanej z lekko ugniecionej bibułki. Ta pierwsza uderzy w ziemię wcześniej, niż druga. Może także uda się nam zaobserwować sytuacje, w której ciało poruszać się będzie w górę, a nie w dół. Współcześnie można tu na przykład odwołać się do balonów, wypełnionych rozgrzanym powietrzem.

Spadek lub wznoszenie się ciał można także obserwować w naczyniu, wypełnionym płynem. Ustalmy uwagę na kulach tej samej wielkości, wykonanych na przykład z korka i drewna bukowego, a także różnego rodzaju metalu (np. aluminium i ołowiu), i zanurzymy je w wodzie. Okaze się, że te drugie - po ustaleniu się pewnej prędkości granicznej - opadać będą ruchem jednostajnym z prędkościami proporcjonalnymi do ich ciężaru. Te pierwsze wznosić się będą z różnymi prędkościami granicznymi, odwrotnie proporcjonalnymi do ich ciężaru. Zauważmy także, że prawidłowości te nie mogłyby wystąpić w próżni.

Czy można uogólnić wyniki obserwacji ruchu ciał w naczyniu z wodą na ruch ciał w powietrzu? Oczywiście, że tak. Zastąpmy kule drewniane balonami z wodorem i helem, zaś kule metalowe papierową i korkową. Moglibyśmy zauważyć, że pozostawione samym sobie będą spadać lub wznosić się z różnymi prędkościami granicznymi. Jednakże, jak pisze Wróblewski [*Historia Fizyki*, s. 33], "Jeżeli Arystoteles istotnie obserwował ruch ciał w wodzie, to w sposób nieuzasadniony przeniósł wnioski na przypadki spadku ciał w powietrzu z małych wysokości (niewielkich wież, jakie wtedy znano)."

Ośrodek, w którym poruszają się ciała, jest tu równie ważny, jak same te ciała. Jeżeli więc chcielibyśmy uogólnić nasze obserwacje w uniwersalne prawo, zgodnie z którym prędkość spadku ciał jest proporcjonalna do ich ciężarów właściwych, to musielibyśmy z konieczności przyjąć, że próżnia (mechaniczna) nie istnieje. Albo odwrotnie: przyjmując, że próżnia nie istnieje (a w czasach Arystotelesa nie było żadnych empirycznych uzasadnień dla próżni), na podstawie obserwacji ruchu ciał w ośrodkach musielibyśmy przyjąć, że graniczna prędkość ciał równych, swobodnie poruszających się w ośrodku w górę lub w dół, jest proporcjonalna do ich ciężarów. Zauważmy, że mowa tu o granicznych prędkościach, nie zaś prędkościach w ogóle.

Proporcjonalność szybkości spadku do ciężaru ciała i nieistnienie próżni postulował Arystoteles w ramach swojej fizyki. Przytaczam odpowiednie cytaty z jego *Fizyki*⁶²:

„Jeżeli dany ciężar porusza się przez daną odległość w określonym czasie, ciężar większy przejdzie tę odległość w czasie krótszym, i czasy będą odwrotnie proporcjonalne do ciężarów: jeśli np. pół ciężaru przebędzie daną odległość w czasie d , to cały ciężar

⁶² Arystoteles, *Fizyka*, tłumaczył Kazimierz Leśniak, Księga IV.

przebędzie ją w czasie $d/2$."

„...większa ilość ognia porusza się zawsze prędzej ku górze niż mniejsza jego ilość, zupełnie jak większa ilość złota lub ołowiu porusza się szybciej ku dołowi niż ilość mniejsza. Tak samo ma się rzecz z każdym innym ciałem ciężkim.”

„Widzimy, że ciało o pewnym określonym ciężarze porusza się szybciej niż inne; a dzieje się to z dwóch przyczyn: albo z powodu różnicy ośrodka, w którym ciało się porusza, a którym może być np. woda, powietrze, ziemia, albo jeżeli ośrodek jest ten sam, poruszające się ciała różnią się ciężarem...”

Jak pisze A.K. Wróblewski w swej *Historii Fizyki* [s. 33], "Barry Casper poddał analizie obiegowe opinie na temat Arystotelesa praw ruchu naturalnego i doszedł do wniosku, że '...mamy tylko dwie możliwości: albo Arystoteles był głupcem, albo miał co innego na myśli. Ponieważ istnieje dostatecznie dużo dowodów, że głupcem nie był, staraliśmy się odkryć możliwą do przyjęcia, odmienną interpretację jego słów.' Casper przekonywał, że 'w systemie pojęć Arystotelesa <ciężar> i <lekkość> miały znaczenie różne od obecnego i w rzeczywistości były mierzone prędkością spadku w dół i wznoszenia się w górę"

Arystoteles, być może za sprawą omówionych obserwacji, nigdy nie zrezygnował z ośrodka. Próżnię odrzucał także w wyniku pewnych specyficznych rozumowań, których nie będę tu przytaczał (por. A.K. Wróblewski, *Historia Fizyki*, s. 31).

Skierujmy teraz uwagę na ruch poziomy. Koń ciągnie wóz, pchamy załadowany wózek, obserwujemy piłkę, pozostawioną samej sobie, toczącą się po trawie. Okaże się, że - aby ruch poziomy wytworzyć lub podtrzymać - musimy używać siły. Gdy siła zewnętrzna nie działa na ciało, ono wcześniej czy później się zatrzyma. Doskonale dzisiaj wiemy, dlaczego tak jest: działają opory ruchu, w tym opór powietrza. Ale, gdy pozostaniemy na gruncie samej wiedzy potocznej, to moglibyśmy sformułować na przykład następujące prawo ruchu: szybkość, z jaką porusza się ciało, jest proporcjonalna do przyłożonej siły, i odwrotnie proporcjonalna do oporu ośrodka.

W podobny sposób ruch poziomy wyjaśniał Arystoteles.

W ramach wiedzy potocznej, na bazie tak ustalonych praw ogólnych, dotyczących ruchu pionowego i poziomego, powstają zasadnicze problemy związane z wyjaśnieniem natury rzutów poziomych i ukośnych (np. ruchu wyrzuconego przed siebie kamienia czy pocisku artyleryjskiego). Nie jest to ani ruch pionowy, ani poziomy, nie ma także żadnych podstaw do wyjaśnienia rzutu ukośnego na zasadzie składania ruchów poziomych i pionowych (to zrobił dopiero Galileusz, gdy abstrahował od oporów ruchu). W jaki sposób radził sobie z tym problemem Arystoteles? Aby odpowiedzieć na to pytanie, musimy jednak sięgnąć głębiej, do jego metafizyki.

O ruchu, w kontekście metafizyki Arystotelesa

Ogólną metafizykę Arystotelesa można znaleźć w każdym opracowaniu dziejów filozofii. Tutaj wyeksponuję to tylko, co - mając źródła w metafizyce - mogło wpłynąć na interpretację zjawisk fizycznych.

Ziemia umieszczona była w środku Wszechświata. Jego zewnętrzną granicę stanowiła sfera gwiazd stałych. Pomiędzy gwiazdami a Ziemią, powiązane z odpowiednimi sferami, poruszały się planety i księżyc.

Arystoteles rozdzielił świat na dwie części, rządzące się odrębnymi prawami: podksiężycową i nadksiężycową. Ciała, znajdujące się w tych różnych sferach wszechświata, zbudowane były z różnej substancji: ciała sfery podksiężycowej składały się z czterech elementów (ziemi, wody, powietrza i ognia), zaś sfery nadksiężycowej z eteru, substancji posiadającej idealne, boskie właściwości. W każdej z tych sfer obowiązywały inne prawa ruchu.

Zauważmy, że w systemie Arystotelesa nie było możliwe uogólnienie praw ruchu, uzyskanych na ziemi, na planety, czy ogólniej poza sferę podksiężycową. To Kopernik dopiero, umieszczając Ziemię pośród planet, zniósł to ograniczenie i tym samym otworzył wrota fizyce nowożytnej. Można wręcz sądzić, że to właśnie było największym wkładem Kopernika w naukę (w fizykę w szczególności).

Według metafizyki Arystotelesa każdy ruch - z wyjątkiem tzw. ruchów naturalnych w górę, ku krańcom wszechświata, i w dół, ku jego centrum - wymaga przyczyny. Ruchy pionowe, jako naturalne, przyczyny nie wymagały; ruch poziomy wymagał i tą przyczyną zawsze była siła, przyłożona z zewnątrz do ciała.

A więc ruch albo odbywał się w sposób naturalny i ciało zmierzało wtedy ku swojemu naturalnemu miejscu, do centrum lub na krańce Wszechświata, albo pod wpływem jakiejś siły zewnętrznej. W tym drugim przypadku ruch ustawał, gdy siła przestała działać.

Jak w tym kontekście przedstawia się rzut ukośny? Nie był ruchem naturalnym, a z drugiej strony nie można było stwierdzić empirycznie istnienia żadnej zewnętrznej przyczyny, wprawiającej ciało w taki ruch.

Zakładając nadrzędność metafizyki próbowano ten ruch wyjaśniać specyficzną teorią, zgodnie z którą powietrze rozcinane przez ciało podczas ruchu przemieszczało się w tył, zwrotnie to ciało popychając. Ruch sam był swoją przyczyną, stwarzając za pośrednictwem ośrodka siłę, która go podtrzymywała. Możliwe były tu różne wariacje tej zasady.

Warto podkreślić, że podobne poglądy utrzymywały się w Średniowieczu, w ówczesnych uniwersytetach, i za sprawą autorytetu Arystotelesa, a także Tomasza z

Akwinu, trudne były do przewyciężenia, o czym dogłębnie i do bólu przekonał się Galileusz.

Planety w systemie Arystotelesa krążyły wokół Ziemi jako środka wszechświata. Ze względu na to, że wykonane były z doskonałej substancji eterycznej, mogły poruszać się, zgodnie z metafizyką, tylko w sposób doskonały, a więc ruchem jednostajnym po kołowych orbitach.

Zasadę doskonałości ruchu ciał niebieskich utrzymał później Ptolemeusz, twórca najbardziej znanego systemu geocentrycznego. Po to jednak, by teorię ruchu planet uczynić bardziej zgodną z obserwacjami, wprowadził okręgi dodatkowe (takie jak na przykład epicykle), których środki poruszały się jednostajnie i po okręgach, wokół Ziemi lub wokół środka innego epicyklu.

Reasumując fizykę Arystotelesa można zinterpretować jako usystematyzowaną i przetworzoną wiedzę potoczną. Przy czym ta wiedza potoczna poddana została zasadom metafizycznym, które miały istotny wpływ na sposób jej ogólnego ujęcia.

Trzeba jednak powiedzieć, że przedstawiona tu interpretacja mechaniki Arystotelesa może być uproszczona. I tak A.K. Wróblewski w korespondencji do mnie napisał: "Omawiając ruch wg Arystotelesa zubaża Pan to zagadnienie nie podając że ruch wg Arystotelesa to było bardzo szerokie pojęcie; greckie "kinesis" niektórzy tłumaczą nawet nie jako "ruch" lecz jako "zmiana". To, co obecnie nazywamy ruchem, to mała część ruchu wg Arystotelesa." Moim jedynym usprawiedliwieniem jest to, że chciałem czytelnika osadzić i przytrzymać we wnętrzu rzeczywistej fizyki, nie wyprowadzając go na manowce dialektycznych, zewnętrznych spekulacji.

Można zauważyć, że występuje pewna analogia pomiędzy powstawaniem fizyki nowożytnej a przejściem od wiedzy potocznej do naukowej w umyśle współczesnego ucznia. Przy czym twórcy fizyki nowożytnej dodatkowo natrafiali na intelektualną barierę w postaci spójnej metafizyki, nadrzędnie wyjaśniającej świat; współczesny uczeń nie jest obciążony tym balastem. Musieli więc także oczyścić umysł z różnorodnych zasłon intelektualnych, aby móc od nowa, w sposób nieuprzedzony, przyjrzeć się zjawiskom przyrody.

Mistrzem, który posiadał umiejętność rozbijania ówczesnych barier intelektualnych w najwyższym stopniu, był Galileusz, często zwany „ojcem fizyki nowożytnej”.

Kopernik i Kepler

Mikołaj Kopernik (1473-1543)

W powszechnie obowiązującym w owym czasie systemie Ptolemeusza umieszczano Ziemię w centrum wszechświata. Geocentryczny system Ptolemeusza był specyficznym opisem ruchu planet, zgodnym z metafizyką Arystotelesa, dokonany w języku ruchów jednostajnych po okręgach i z wykorzystaniem zasady kolejnych przybliżeń (odpowiednie koła, po których odbywał się ruch jednostajny, dokładano tak długo i takiej ilości, aby uzyskać dobrą zgodność z obserwacjami).

Dokonania Kopernika (*O obrotach sfer niebieskich*, 1543) wydają się powszechnie znane. Jednakże ta znajomość jest zwykle bardzo powierzchowna, sprowadzająca się do treści popularnej rymowanki: "wstrzymał Słońce, ruszył Ziemię, wydało go polskie plemię". Przyjrzyjmy się jednak trochę dokładniej dokonaniom Kopernika.

Kopernik przeniósł środek Wszechświata w pobliże Słońca, unieruchamiając je. Wszystkie obserwowalne ruchy na sklepieniu niebieskim wyjaśniał ruchem planet wokół Słońca i ruchami Ziemi, wirowym i po orbicie wokółsłonecznej.

Być może istotnym impulsem, skłaniającym Kopernika do zaproponowania swojego systemu był fakt, że system Ptolemeusza był wewnętrznie niespójny. W jego ramach różnych wyjaśnień wymagał ruch planet górnych i dolnych. Jak pisze A.K. Wróblewski w swojej *Historii Fizyki* środki okręgów planet dolnych (Merkury, Wenus), jako planet zawsze przebywających w pobliżu Słońca, musiały leżeć na linii Słońce - Ziemia. Zaś linie łączące planety zewnętrzne (Marsa, Jowisza i Saturna) ze środkami ich głównych epicykli - zawsze musiały być równoległe do linii Ziemia-Słońce. W systemie Kopernika te niespójności już nie występują.

Warto podkreślić, że także Kopernik wykorzystywał epicykle (i inne jeszcze narzędzia średniowiecznej astronomii), utrzymując zasadę ruchów jednostajnych po okręgach. Jego system tkwił korzeniami pojęciowymi w Średniowieczu.

Z punktu widzenia fizyki Kopernik zrównał sferę nadksiężycową i podksiężycową, umieszczając Ziemię pomiędzy planetami. Odtąd prawa fizyki, wykryte na powierzchni ziemi, mogły obowiązywać także na planetach czy tych planet dotyczyć.

Słońce w systemie Kopernika nie znajdowało się w centrum Wszechświata, jak się zwykle sądzi, lecz w jego pobliżu. Nie poruszało się. Jak więc pisze A.K. Wróblewski w swojej *Historii Fizyki*, kopernikański system Wszechświata nie tyle był systemem heliocentrycznym, co heliostatycznym.

System Kopernika był bardzo złożony, z czego nie zdajemy sobie zwykle sprawy. Ta złożoność brała się nie tylko z tego, że Kopernik - podobnie jak Ptolemeusz - wprowadził

wiele kół pośredniczących (na przykład epicykli), lecz z tego także, że musiał transformować wyniki obserwacji, uzyskiwanych na Ziemi, do układu odniesienia związanego ze Słońcem, co wówczas nie było sprawą łatwą.

Immanuel Kant a Kopernik

Uczyńmy pewna dygresję. Immanuel Kant przyrównał swoją filozofię do systemu Kopernika. Pisał (w *Krytyce Czystego Rozumu*): „Dotychczas przyjmowano, że wszelkie nasze poznanie musi się dostosowywać do przedmiotów. Lecz wszelkie próby, by o nich przy pomocy pojęć orzec coś, co by rozszerzyło poznanie nasze, obracały się przy tym założeniu wniwecz. Spróbujmyż więc raz, czy się nam lepiej nie powiedzie, jeżeli przyjmujemy, że to przedmioty muszą się dostosowywać do naszego poznania. [...] Rzecz się z tym ma tak samo, jak z pierwszą myślą Kopernika, który, gdy wyjaśnienie ruchów niebieskich nie chciało się udawać przy założeniu, że cała armia gwiazd obraca się dookoła widza, spróbował, czy może uda się lepiej, jeżeli każe się obracać widzowi, natomiast gwiazdy pozostawi w spokoju. Otóż w metafizyce można spróbować czegoś podobnego w odniesieniu do oglądania przedmiotów”.

Sądzę, że Kant faktycznie dokonał w filozofii czegoś na podobieństwo dokonania Kopernika w astronomii. Ale zauważmy: po Koperniku - aby powstała fizyka nowożytna - musiał jeszcze pojawić się Kepler, Galileusz i Newton. Z punktu widzenia mechaniki Newtona system Kopernika jest błędny (gdyż np. planety w systemie Newtona poruszają się wokół środka masy planeta - Słońce) i w zasadzie musiał w całości zostać odrzucony, choć w pewien sposób przyczynił się do powstania mechaniki. Czy z podobną sytuacją mamy do czynienia także w filozofii?

Johannes Kepler (1571-1630)

Przed Keplerelem działał Tycho de Brache (1546 - 1601), którego główną zasługą w astronomii było to, że wykonał systematyczne i bardzo dokładne (jak na owe czasy) pomiary położenia i ruchów planet. Przy czym, bazując na wynikach tych pomiarów, skonstruował system planetarny, będący hybrydą geo- i heliocentryzmu. Wg Brahe w centrum Wszechświata znajduje się Ziemia, wokół której krąży Księżyc i Słońce, zaś wokół Słońca krążą pozostałe planety.

Po śmierci Brahe wszystkie wyniki wykonanych przez niego pomiarów przejął Kepler i na nich budował swoją astronomię.

W rok po przyjeździe do Styrii „[...] gdy podczas zajęć ze studentami [Kepler] rysował na tablicy jakąś figurę geometryczną, nagle pewna idea zafrapowała go [...] z taką siłą, że poczuł, iż trzyma w dłoni klucz do tajemnicy stworzenia. `Radość, jaką sprawiło mi to

odkrycie – napisał później – nigdy nie będę w stanie wyrazić słowami.’ Przesądziło ono o dalszym biegu jego życia i do końca pozostało jego motorem napędowym”.⁶³

Oto w skrócie istota odkrycia, dokonanego wtedy przez Keplera. Istnieje 5 brył doskonałych (tzw. platońskich), posiadających wszystkie równe ściany i kąty. Za czasów Keplera znanych było 6 planet (z Ziemią włącznie). Kepler przyjął, że cały układ świata, łącznie z ilością planet, można wyjaśnić na zasadzie wpisanych w te bryły i opisanych na nich sferach, które krążąc powodują ruch okrężny planet wokół Słońca. Kepler był przekonany, że odkrył sposób, w jaki Bóg – wzorując się na owych bryłach – zbudował wszechświat.

Kepler, kierując się błędną hipotezą, utrzymaną w duchu pitagoreizmu, oraz bardzo dokładnymi wynikami pomiarów Tycho de Brahe, uzyskuje trzy prawa ruchu planet, które okazały się ostatecznie poprawne. Ale swojej pierwotnej, błędnej hipotezy nigdy się nie wyrzekł.

Trzy prawa Keplera są powszechnie znane (jeżeli nie znasz, to znajdź w internecie). Kepler orbity kołowe zastąpił elipsami odrzucając także ruch jednostajny oraz wszelkiego rodzaju koła dodatkowe (np. epicykle) i ruch planet powiązał z pewnymi właściwościami elipsy.

Arthur Koestler tak oto pisał o stosunku Keplera do swoich własnych odkryć: „Główny powód, dla którego nie zdawał on sobie sprawy, jak bardzo jest bogaty – to znaczy nie doceniał odkrytych przez siebie praw – jest natury technicznej: dostępne wówczas narzędzia matematyczne były niewystarczające. Bez rachunku różniczkowego i/lub geometrii analitycznej nie da się dostrzec żadnego oczywistego związku między trzema prawami ruchu planet – są odrębnymi przyczynkami, pozbawionymi większego sensu. Dlaczego Bóg miałby kazać planetom poruszać się po elipsach? Dlaczego ich prędkością ma rządzić powierzchnia zakreślana przez ich promień wodzący, a nie jakiś bardziej oczywisty czynnik? Dlaczego w stosunku odległości i okresu obiegu pojawiają się kwadraty i sześciany?

Kiedy zna się prawo ciążenia i równania matematyczne Newtona, wszystko to staje się cudownie oczywiste. Jednak bez tego stropu, który trzyma je razem, prawa Keplera wydają się pozbawione racji istnienia. Pierwszego prawa niemal się wstydził: było to odejście od koła, świętego dla starożytnych, świętego nawet dla Galileusza, jak również, z innych powodów, dla niego samego. Elipsa niczym się nie zalecała w oczach Boga i człowieka. Kepler zdradził się z nieczystym sumieniem w tej sprawie, gdy porównał elipsę do furmanki pełnej gnoju, którym musiał nawieźć system za cenę oczyszczenia go ze znacznie większej ilości łajna. Drugie prawo traktował jako zwykłe udogodnienie

⁶³ Arthur Koestler, *Lunacy*, op. cit., s. 243

rachunkowe i stale je odrzucał na rzecz błędnego przybliżenia. Trzecie prawo traktował tylko jako konieczne ogniwo w układzie harmonii. Jednak bez pojęcia ciężenia i bez rachunku różniczkowego niczym więcej być ono nie mogło.”⁶⁴

Kepler uzyskał więc poprawne prawa ruchu planet. Musiał jednak przy tym odrzucić całą ówczesną astronomię, całkowicie wyizolowując się z ówczesnego środowiska naukowego. By prawa te w pełni zaakceptować, musiałby także odrzucić swoją błędną teorię, do której był bardzo przywiązany. Nigdy się na to nie zdecydował.

Z drugiej strony Galileusz nigdy nie zaakceptował poprawnych elips Keplera. Dlaczego? O tym w następnym podrozdziale.

Galileo Galilei (Galileusz) - 1564-1642

Galileuszowi, choć jego fizyka jest przestarzała i w istocie błędna, poświęcę dość dużo miejsca, jako - być może - "ojcu fizyki nowożytnej".⁶⁵

Arthur Koestler pisał: „Galileusz [jako fizyk, niekoniecznie zaś jako człowiek swej epoki – R.M.] jest przerażająco i w całości nowoczesny.”. I głównie ten aspekt „przerażającej nowoczesności” Galileusza (i innych uczonych owej epoki, tworzących fizykę nowożytną) interesuje nas w tej książce.

Wczesne poglądy Galileusza na ruch

Galileusz w początkowym okresie swojej działalności naukowej pozostawał pod wpływem Arystotelesa i Perypatetyków. Wyrazem tego może być jego wieloletnia praca nad traktatem *De Motu*, którą ostatecznie porzuca w 1592 roku. W traktacie tym ruch opisuje w sposób, zakładający istnienie ośrodka. Ruch ciał w powietrzu postrzega na podobieństwo ruchu ciał w płynach. Nie radzi sobie z rzutami ukośnymi. Jako podstawę astronomii przyjmuje system geocentryczny.

W następnych latach pracuje między innymi nad budową przyrządów celowniczych dla artylerii. Jałowe spekulacje musiały się skończyć. Pocisk artyleryjski albo trafia w cel, albo nie, i wtedy jest problem. Konstruując przyrządy celownicze trzeba posiadać rzetelną

⁶⁴ Ibidem, ss. 394-395

⁶⁵ Oto odpowiedni komentarz A.K. Wróblewskiego (z maila do autora tej książki): "Niektórzy tak sądzą, ale chyba ze względu na okoliczności i los autora. 38 lat wcześniej wydał swą książkę William Gilbert, i na pewno była to fizyka nowożytna (Główne dzieło Gilberta nosi tytuł *De Magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure* (O Magnesach i ciałach magnetycznych, oraz o wielkim magnecie Ziemi) i zostało opublikowane w 1600 r.). Ale autor nie miał kłopotów z Inkwizycją i może dlatego rzadziej jest wspominany przez autorów książek popularnych. Ja w każdym razie nie podpisuję się pod stwierdzeniem, że to Galileusz był pierwszym autorem książki z fizyki nowożytnej."

i możliwie ogólną wiedzę na temat rzutów ukośnych.

Z listu Galileusza do Keplera z roku 1597 wynika, że Galileusz przeszedł w tych latach metamorfozę. W roku 1597 jest już zwolennikiem heliocentrycznego układu Kopernika, jednakże nie ujawnia szerzej swoich poglądów.

Oto fragment tego listu: "Napisałem wiele argumentów na jego [tzn. systemu heliocentrycznego - RM] poparcie i obalenie poglądu przeciwnego - nie śmiałem na razie przedstawić ich światu, przerażonemu losem samego Kopernika, naszego nauczyciela, który, choć u nielicznych zyskał sobie nieśmiertelną sławę, przez nieprzebrane mnóstwo innych (taka jest bowiem liczba głupców) został wyśmiany i wyszydzony. Z pewnością ośmieliłbym się natychmiast wydać moje przemyślenia drukiem, gdyby było więcej takich ludzi, jak pan. Ponieważ ich nie ma, powstrzymam się od tego."⁶⁶

Galileusz a Arystoteles

Galileusz zwalczał mechanikę Arystotelesa. W szczególności nie mógł się zgodzić z prawem swobodnego spadku, wedle którego ciała spadają z prędkościami, proporcjonalnymi do ich ciężarów.

Po to, by wykazać błędność prawa Arystotelesa, Galileusz zapewne zrzucał różne ciała z krzywej wieży w Pizie, porównując ich prędkości spadku. Jednakże wystarczyło mu także specyficzne rozumowanie.

Oto rekonstrukcja istoty tego rozumowania. Wyobraźmy sobie kulę z plasteliny, którą rozciągamy w kształt niezrównoważonej hantli, czyniąc łącznik coraz to cieńszym. Możemy zapytać, czy w granicy, gdy łącznik stanie się cieńszy od przysłowiowego włosa, nadal mamy do czynienia z jednym ciałem, czy z dwoma o różnych ciężarach? I kiedy to graniczne przejście miałyby nastąpić? Czy nie jest absurdem pomyśleć, będąc wnikliwym obserwatorem przyrody, że gdy ten "włos" przerwiemy, to nowo powstałe dwa ciała zaczną naraz spadać z różnymi prędkościami?

Intuicja nowej fizyki

Można przypuszczać, że intuicja nowej fizyki pojawiła się w umyśle Galileusza w latach 1594-96. Jednakże książka, którą wielu uznaje za pierwszą z fizyki nowożytnej, nosząca tytuł *„Rozmowy i dowodzenia matematyczne w zakresie dwóch nowych umiejętności...”*, wydana zostaje dopiero w 1638.

⁶⁶ Ibidem, s. 353. Przy czym wg. A.K. Wróblewskiego przekład tego listu jest niepoprawny. Tłumacz Koestlera nie wiedział zapewne, że w łacinie nie ma możliwości zwracania się w trzeciej osobie, czyli per "pan". Poprawne tłumaczenie powinno być per "Ty", bo Galileusz i Kepler korespondowali po łacinie (z maila do autora tej książki).

Wspomnijmy o istotnym wydarzeniu, które skłoniło Galileusza do jawnej obrony systemu Kopernika. Otóż w 1609 roku buduje lunetę i wykrywa plamy na Słońcu, nierówności Księżyca, księżyce Jowisza (Planety Medycejskie) i fazy Wenus. Większość z tych zjawisk świadczy przeciwko astronomii geocentrycznej, a na przykład przebieg faz Wenus wręcz dowodzi poprawności systemu, w którym planety krążą wokół Słońca (przy czym trzeba dodać, że ruch planet wokół Słońca zawierał nie tylko system Kopernika, lecz także wspomniany wyżej, hybrydowy system Tycho de Brache).

Wiadomo, że dość szybko zakazano Galileuszowi głoszenia swoich poglądów, a przy okazji umieszczono na indeksie ksiąg zakazanych dzieło Kopernika.

W roku 1632, w pewnych sprzyjających okolicznościach, Galileusz wydaje książkę „*Dialog o dwu najważniejszych układach świata, Ptolemeuszowym i Kopernikowym*”, co jednak ostatecznie zaprowadza go przed sąd Inkwizycji, zaś cała ta sprawa kończy się wyrokiem skazującym. Galileusz do końca życia pozostanie w areszcie domowym.

Próba rekonstrukcji teorii Galileusza

Skoncentruję teraz uwagę na teorii ruchu, tworzonej przez Galileusza. Swego czasu podjąłem próbę rekonstrukcji tej teorii, dążąc do spójności wewnętrznej i niesprzeczności logicznej.⁶⁷

Oto twarde jądro teorii Galileusza:

- określenia wielkości kinematycznych (takich jak prędkość chwilowa i jednostajne przyspieszenie), choć jeszcze nie w nowożytnych odniesieniach drogi i czasu,
- prawo swobodnego spadku ciał, przypisujące ciałom w próżni ruch jednostajnie przyspieszony ze stałym przyspieszeniem, niezależnym od odległości od powierzchni Ziemi,
- prawo bezwładnych ruchów poziomych, a więc z jednostajną prędkością po okręgach wokół centrum sfery; także dotyczyło to ruchu w próżni,
- zasada składania ruchów, pionowego i poziomego (po okręgach), w wyniku której uzyskiwało się prawo rzutów ukośnych dla próżni,
- zasada fizycznej równoważności wszystkich układów „bezwładnych”, tzn. poruszających się po okręgach ze stałą prędkością kątową.

Można na przykład wyprowadzić odpowiadające tym założeniom prawo rzutów

⁶⁷ Wyniki opublikowałem w pracy: Roman Matuszewski, *On Galileo's theory of motion: an attempt at a coherent reconstruction*, International Studies in the Philosophy of Sciences, vol. 1, No 1, 1986, s. 124.

ukośnych dla próżni (odpowiednie prawo ilościowe przytaczam w przywołanym artykule).

Galileusz nigdy nie wyodrębnił siły grawitacji. W odniesieniu do powierzchni Ziemi jego prawo bezwładności dotyczyło ruchu poziomego, co uogólniał w ruch po okręgach.

Jak wiadomo, siłę grawitacji efektywnie wyodrębnił dopiero Newton.

Czy teoria Galileusza była empirycznie potwierdzalna?

Wiemy, że ze względu na opory ruchu torem rzeczywistym ciała rzuconego ukośnie w pobliżu powierzchni ziemi będzie krzywa, zwykle znacznie odbiegająca od paraboli. Jej dość dobrym przybliżeniem jest tzw. krzywa balistyczna. Można zapytać, dlaczego właściwie tego rodzaju teoria mogłaby utrzymać się w nauce nowożytnej, chociaż sfalsyfikować ją mógłby każdy eksperyment, odpowiednio precyzyjnie przeprowadzony?

W przypadku teorii Galileusza wszystko pachniało fałszem – przewidywania jego teorii nie były ówczasem potwierdzalne empirycznie. Nie można było dokonać odpowiednich eksperymentów w próżni. Z pewnością można było zaś przeprowadzić eksperyment realny, w którym każde z praw ustalonych przez Galileusza okazałoby się niepoprawne. Galileuszowe hipotezy nie dawały się potwierdzić bezpośrednio empirycznie w całym postulowanym zakresie ogólności tych praw. Cóż zatem zaważyło?

Można przypuszczać, że powszechnie znany był fakt spowalniania ruchów przez ośrodek. Wiedzano także, że im ten ośrodek gęstszy oraz prędkość większa, tym te spowolnienia będą większe. Zapewne wiedzano (a przynajmniej wiedział to Galileusz - projektant i budowniczy przyrządów celowniczych dla artylerii), że ciała o większej masie lepiej się przebijają poprzez powietrze i ich ruch bardziej jest przewidywalny.

W przypadku rzutu ukośnego tor ruchu będzie bliski paraboli, gdy użyjemy ciała ciężkiego, idealnie gładkiego, o aerodynamicznym kształcie, i wyrzucimy je z małą prędkością. A ponieważ wszystkie te czynniki, które chcemy zminimalizować, mają związek z oporem stawianym przez powietrze, możemy wprost powiedzieć, że tor będzie parabolą, gdy nie będzie żadnych oporów powietrza.

Skąd koncepcja próżni w teorii Galileusza?

Teoria, skonstruowana przez Galileusza, była teorią idealizacyjną, budowaną zgodnie z zasadą, że istnieje jakieś wewnętrznie spójne, twarde jądro, pozwalające zrozumieć naturę ruchu, zaś interpretując wyniki realnych eksperymentów trzeba uwzględnić działanie wielu zewnętrznych czynników, nie zawsze istotnych, dających się określać i hierarchizować, na które wprowadzać można odpowiednie poprawki lub czynniki te minimalizować w praktyce.

W przypadku teorii ruchu w pobliżu powierzchni ziemi okazało się, że wszystkie czynniki, indywidualizujące ruch ciał, można sprowadzić do zera pojęciem próżni.

Wiadomo dzisiaj, że próżnię mechaniczną można uzyskać w laboratorium. Jednakże wówczas nie było to możliwe. Próżnię wprowadził Galileusz na podstawie odpowiedniego rozumowania. Galileusza pojęcie próżni miałyby także rację bytu w przypadku, gdyby nawet cały wszechświat wypełniony był powietrzem. Próżnia (na razie mechaniczna) znalazła swoje miejsce w fizyce.

Niezgoda Galileusza na elipsy Keplera

Na fundamencie swojej teorii Galileusz próbuje powiązać fizykę ziemską i niebieską. I o ile jego teoria w miarę dobrze sprawdzała się w przypadku ruchów lokalnych, w pobliżu powierzchni Ziemi (z zastrzeżeniami, podanymi wyżej), to już całkowicie zawodziła, gdy Galileusz zastosował ją do wyjaśnienia ruchu planet. W szczególności planety miały poruszać się ruchem bezwładnym po okręgach. Stąd niezgoda Galileusza na elipsy Keplera!

Fizyka a matematyka wg Galileusza

Galileusz był chyba pierwszym fizykiem, który programowo powiązał fizykę z matematyką. W *Il Saggiatore* (1623 r.) znajdujemy następujące słowa (czy to w książce Drake'a?): "Filozofia zapisana jest w tej ogromnej księdze, którą mamy stale otwartą przed naszymi oczyma; myślę o wszechświecie; jednakże nie można jej zrozumieć, jeśli się wpiery nie nauczymy rozumieć języka, i pojmować znaki, jakimi została zapisana. Zapisana zaś została w języku matematyki, a jej literami są trójkąty, koła i inne figury geometryczne, bez których niepodobna pojąć z niej ludzkim umysłem ani słowa; bez nich jest to błędzenie po mrocznym labiryncie."

Może warto zwrócić uwagę na następującą frazę z powyższego cytatu: "... trójkąty, koła i inne figury geometryczne, bez których niepodobna pojąć z niej *ludzkim umysłem* ani słowa... [podkreślenie moje - RM]." I może warto w tym miejscu przypomnieć pogląd Bertranda Russella, zgodnie z którym „...fizyka jest matematyczna nie dlatego, że tak dużo wiemy o świecie fizycznym, lecz dlatego, że wiemy o nim tak mało: jego właściwości matematyczne są jedynymi, które potrafimy odkryć”⁶⁸.

Kilka uwag na marginesie tzw. transformacji Galileusza

Człowiek jest istotą społeczną. Wyniki fizyki, uzyskane w konkretnym laboratorium,

⁶⁸ Bertrand Russell, *An Outline of Philosophy*, London: George Allen and Unwin. Repr. as *Philosophy*, New York: W.W. Norton, 1927, s. 163.

muszą posiadać formę intersubiektywnej sprawdzalności. Musi istnieć możliwość ich sprawdzenia przez kogokolwiek innego, w dowolnym innym laboratorium, na ziemi lub w przestrzeni kosmicznej. By to zadekretować może zostać sformułowana zasada fizycznej równoważności różnych laboratoryjnych układów odniesienia. W mechanice klasycznej są to tzw. układy inercjalne.

Wszystkie laboratoria świata, gdy powiązane z masami, poruszającymi się ruchem jednostajnym i prostoliniowym, są z punktu widzenia mechaniki klasycznej poznawczo równoważne. Przełożenie fizykalnego obrazu ruchu, uzyskanego w jednym z układów inercjalnych, na obraz, postrzegany z innego układu, umożliwia właśnie tzw. transformacja Galileusza. Istnieją także prawa mechaniki, które umożliwiają przetransformowanie tych fizykalnych obrazów do układów nieinercjalnych.

W ogólnej teorii względności obowiązuje ogólna zasada równoważności (zob. jeden z dalszych rozdziałów), zgodnie z którą równoważne są wszystkie układy odniesienia, w tym poruszające się bezwładnie lub spadające swobodnie, a także poruszające się z przyspieszeniem lub spoczywające w polu grawitacyjnym.

Sugeruję, że w podstawy fizyki nowożytnej wpisana jest podmiotowo współwarunkowana forma, biorąca się z potrzeby intersubiektywnej sprawdzalności praw i zasad w każdym realnym laboratorium. Forma ta przejawia się odpowiednimi prawami transformacji. Szczególnie interesujące z tego punktu widzenia są: transformacja Galileusza, transformacja Lorentza, oraz pewne transformacje, organicznie wpisane w strukturę ogólnej teorii względności.

Giordano Bruno i Blaise Pascal. Nieskończoności w fizyce

Początki zasady kosmologicznej

Wszechświaty Ptolemeusza, Kopernika czy Keplera były skończone, zamknięte i ograniczone sferą gwiazd stałych, niejednorodnych ze Słońcem. Jednakże swobodny umysł, nie podporządkowany zasadom metafizyki czy literze Pisma, zdolny był sam ze swej natury wykroczyć poza te ograniczenia.

Jako przykład można podać próbę innego spojrzenia na Wszechświat, podjętą przez Giordano Bruno (1548 - 1600). Bruno zapoznał się z teoriami Mikołaja Kopernika i wierzył, że Ziemia krąży dookoła Słońca, wirując jednocześnie dookoła własnej osi. Poszedł jednak dalej zakładając, że gwiazdy widoczne na nieboskłonie, stanowią inne, odległe słońca rozrzucone w przestrzeni nieskończonego wszechświata; słońca, dookoła których krążą ich własne planety, zamieszkane przez inne istoty rozumne.

Bruno sformułował więc coś na kształt tzw. zasady kosmologicznej, zgodnie z którą,

swobodnie mówiąc, wszechświat jest nieskończony i jednorodny oraz nie ma wyróżnionego środka, gdyż wszystkie miejsca są w nim równoważne. Jak zgrabnie wyraził to inny wielki uczyony, myśliciel, matematyk i fizyk, żyjący w 17 wieku Blaise Pascal (1623 - 1662), wszechświat to nieskończona kula, której środek jest wszędzie, a powierzchnia nigdzie.

Nieskończoności matematyczne a czas i przestrzeń

Zauważmy, że ani Bruno ani Pascal nie mieli żadnych podstaw eksperymentalnych dla sformułowania i uzasadnienia swoich stwierdzeń. Skąd więc się one wzięły?

Podjmując ten problem zwróćmy najpierw uwagę na to, że umysł zdolny jest ze swej własnej natury do skonstruowania pojęcia zera i całkowitych liczb ujemnych, choć nie bezpośrednio obserwowalnego one nie wyrażają.

Umysł, zajmując się matematyką, zdolny jest na przykład samodzielnie skonstruować oś liczbową na bazie liczb całkowitych, przez konwencjonalne ustalenie punktu zerowego i ciągłe dodawanie jednostki lub jej odejmowanie; działań obrazujących możliwość nieskończoności w przód i wstecz.

Ze względu na te nieskończoności, wykreowane prostym, powtarzalnym bez ustanku dodawaniem lub odejmowaniem jednostki, nie ma znaczenia wybór punktu „zero” na skali osi liczbowej. Wszystkie miejsca na tej skali są równoważne, jako równo odległe od nieistniejących "krańców" osi liczbowej.

Gdy oś liczbową wyskalujemy w jednostkach odległości, wszystkie miejsca staną się równoważne. Gdy oś liczbową wyskalujemy w jednostkach czasu konstruując tzw. strzałkę czasu, równoważne stają się wszystkie momenty. Z każdego punktu strzałki czasu czas rozciąga się w nieskończoność w przyszłość i przeszłość. Możemy wyobrazić sobie jakikolwiek moment w przyszłości lub w przeszłości, odległy w czasie (prawie) nieskończenie, to i tak zawsze jeszcze przyszłość lub przeszłość jawić się będą jako nieskończone.

Nieskończony czas

Możliwe są dwa podstawowe sposoby pojmowania czasu (powiedzmy: zewnętrznego; mówi się czasami także o czasie wewnętrznym, umysłu): historyczny i fizyczny.

Jeżeli przedstawimy sobie oś liczbową, wyskalowaną w jednostkach czasu (np. w sekundach i minutach), to – gdy upłynie pierwszych 20 sekund od momentu na przykład włączenia stopera (momentu „zero” dla eksperymentatora) – powiedzieć można, że upłynęło właśnie 0 minut i 20 sekund albo że znajdujemy się w 20-tej sekundzie pierwszej minuty. Fizyk nowożytny preferować będzie odpowiedź pierwszą, gdyż taką właśnie wartość odczyta wprost ze skali przyrządu do pomiaru czasu (0:20), historyk zaś

niekoniecznie (powie np., że coś wydarzyło się w 20-tej sekundzie pierwszej minuty „nowej ery”; fizyk może obstawać przy minucie zerowej „nowej ery”).

Historyk może wyróżnić jakiś punkt na strzałce czasu jako jego „początek” (np. biblijny moment stworzenia świata czy moment narodzin Chrystusa, ale już nie moment Wielkiego Wybuchu), spierać się może o to, który z momentów czasu jest tym najważniejszym (co nie ma sensu z punktu widzenia czasu fizyki nowożytnej), datę definiować z punktu widzenia tego, w której jednostce czasu znajdujemy się aktualnie, nie zaś tego, ile pełnych jednostek upłynęło od pewnego momentu (np. od momentu włączenia stopera), itp.

Fizyk – mierząc czas w związku z przeprowadzanymi eksperymentami – pyta o to, ile czasu upłynęło od momentu zerowego (w którym np. włączył stoper). Czas fizyka-eksperymentatora zakłada wiele niezależnych pomiarów czasu, z których każdy związany jest z pewnymi warunkami początkowymi ruchu i momentem zerowym, w którym może zostać włączony zegar (stoper) i dla którego te początkowe warunki są określane. Fizyk nie wyróżnia żadnego z momentów zerowych. Może utworzyć na przykład pojęcie "czasu absolutnego", niezależnego od czegokolwiek, zaś ze względu na specyficzny wybór punktu zero, związany z jego działalnością eksperymentalną, rozciągającego się w nieskończoną przeszłość i przyszłość (Newton).⁶⁹

Fizyka nowożytna specyficznie konkretyzuje pojęcie strzałki czasu. Przy czym przed czasem fizyki nowożytnej usytuowany jest zarówno umysł "matematyczny" fizyka, jak i jego działalność obserwacyjno-eksperymentalna.

Nieskończona przestrzeń

Gdy oś liczbową wyskalujemy w jednostkach odległości, wszystkie miejsca - ze względu na dowolność wyboru zera na skali - stają się równoważne. Poruszając się po linii prostej wprzód lub wstecz zawsze, matematycznie biorąc, mamy z danego miejsca jeszcze nieskończoną drogę przed sobą. Możemy wyobrazić sobie jakiegokolwiek miejsce, odległe od naszego (prawie) nieskończenie, zawsze jeszcze dalsza droga jawić się będzie swobodnemu umysłowi jako nieskończona.

Uogólnijmy powyższe na trzy (albo cztery: $x,y,z;t$) wymiary. Otrzymamy nieskończoną kulę (której nie sposób wyobrazić sobie dla przestrzeni czterowymiarowej), której środek może być wszędzie, a powierzchnia nie będzie nigdzie. Fizyka współczesna nakłada

⁶⁹ Może warto w tym kontekście przypomnieć sobie spór, jaki toczył się wokół daty wstąpienia cywilizacji Zachodu w nowe tysiąclecie? Zauważmy, że problem sprowadza się do tego, że stanowiska w tym sporze mogą się różnić w zależności od tego, czy posłużymy się czasem empirycznym (np. czasem historyka, wyróżniającego jakiś istotny moment w dziejach), czy teoretycznym (np. newtonowskim pojęciem czasu absolutnego). Stanowiska fizyka (posługującego się czasem teoretycznym) i historyka (posługującego się czasem empirycznym) nie muszą być zgodne.

jednak pewne więzy na to bezpośrednio matematyczne pojmowanie nieskończoności (zob. rozdział, dotyczący ogólnej teorii względności), czego nie czyniła mechanika klasyczna, posługując się pojęciem przestrzeni absolutnej.

Jednym z podstawowych pojęć fizyki jest „pręt pomiarowy”. Możemy dowolnie określić jednostkę długości i odpowiedni pręt pomiarowy skonstruować. Możemy odległość mierzyć od dowolnie wybranego miejsca do dowolnego innego, wstecz i wprzód. Każdy to robił wielokrotnie. Tę arbitralność wyboru jednostki i zera (miejsca, od którego mierzymy), a także możliwość pomiaru od danego miejsca na przykład w kierunku północy albo południa, obrazuje pojęcie osi liczbowej, nieskończonej w obu kierunkach, z dowolnym umiejscowieniem punktu zerowego. Za sprawą naszej aktywności w świecie, w matematycznym kontekście osi liczbowej, przestrzeń lokalna, gdy poddana kreatywnemu i całościującemu rozumowi, rozciągnęła nam się w nieskończoność, stając się jednorodną i izotropową, przy tym niezależną od czegokolwiek.

Otoczenie, w którym realizuje się nasza podstawowa aktywność życiowa, można po Newtonie wyobrazić sobie jako pustą, niezależną od czegokolwiek, nieskończoną przestrzeń, zawierającą ogólnie zdefiniowane bryły czy punkty materialne poruszające się względem siebie i nie wpływające na jej właściwości. Jednakże przestrzeń ta nie jest już przestrzenią bezpośrednio empiryczną. Wyjściowa, bezpośrednia przestrzeń empiryczna nie jest czymś poddanym rozumowi – jest tylko przestrzenią życia, dla której lokalnie zdefiniowano jednostkę długości i metodę pomiaru odległości. Zaś przestrzeń „newtonowska”, zakładająca geometrię euklidesową, w której zagospodarował się umysł naturą własnej konstruktywności, jest ujmowana rozumem jako przestrzeń nieskończona, jednorodna i izotropowa, przy czym niezależna od rozkładu i względnego ruchu mas. Na przestrzeń empirii bezpośredniej (i przestrzeń życia biologicznego) nałożona została przez umysł pewna forma, umożliwiająca specyficzne rozumienie TEGO czegoś pierwotnego.

Gdy jako fizyk nowożytny przygotowuję eksperyment dotyczący na przykład ruchu mechanicznego, to zwykle postrzegam przestrzeń przez pryzmat odpowiedniej formy, nakładanej przez umysł, nie uświadamiając sobie tego nawet. Jako fizyk-eksperymentator nieświadomie osadzam siebie w zrozumiałej przestrzeni, wydobytej przez umysł z właściwości rozciągniętych ciał konkretnych. Mogę w tej przestrzeni umiejscowić różnorodne obiekty ogólne fizyki, takie jak na przykład punkt materialny posiadający masę bezwładną i grawitacyjną. Jednakże w przestrzeni tej nie odnajdę życia, w tym siebie samego, jako realnego eksperymentatora.

Matematyczne źródła zasady kosmologicznej a realności fizyczne

Matematyka współtworzy fizykę, także jej pojęciową czy koncepcyjną warstwę, i faktu

tego nie sposób przecenić.

Matematyczny w istocie fakt równoważności wszystkich spoczywających względem siebie, w pustej przestrzeni, układów laboratoryjnych jest intuicyjnie oczywisty i nie wymaga wyeksponowania w żadnej teorii fizycznej.

Wynika on z formy źródłowej, którą umysł nakłada na przestrzeń, czas i nasze usytuowanie w czaso-przestrzeni jako aktywnych obserwatorów.

Problem powstaje wtedy, gdy 1. układy laboratoryjne są we względnym ruchu, jednostajnym i prostoliniowym lub przyspieszonym, 2. gdy spoczywają w miejscach nierównoważnych fizycznie (np. jeden w pustej przestrzeni, inny w silnym polu grawitacyjnym), oraz 3. gdy zapytamy o zasadę zdobywania przez nas informacji, pozwalającej na określanie stanów ruchu układów czy obiektów.

Wtedy ta wyjściowa forma musi zostać skonkretyzowana *explicite* sformułowaną zasadą, dookreślającą treści matematycznej formy wyjściowej.

I tak pojawia się w fizyce klasycznej galilejsko-newtonowska zasada względności, w szczególnej teorii względności dodatkowo pojawia się zasada stałej prędkości światła (czy ogólniej, stałej prędkości rozprzestrzeniania się wszelkich sygnałów, niosących informację), zaś w ogólnej teorii względności tzw. ogólna zasada względności (wszystkie te zasady omówię w odpowiednich podrozdziałach).

Przy czym trzeba podkreślić, że w tych *explicite* formułowanych zasadach *implicite* zawarta jest matematyczna forma wyjściowa nieskończoności, stworzona przez umysł na miarę jego właściwości.

W odniesieniu do strzałki czasu umysł samoistnie konstruuje pojęcie wieczności, a także wiecznej teraźniejszości (równoważność wszystkich momentów w czasie).

W odniesieniu do osi liczbowych, reprezentujących przestrzeń (np. do kartezjańskiego układu współrzędnych prostokątnych) umysł samoistnie konstruuje pojęcie nieograniczoności wszechświata i równoważności wszystkich miejsc we wszechświecie, skonstruowanych na podobieństwo tego, w którym sami się znajdujemy, z układem laboratoryjnym, sprzężonym z jakąś masą, i "wyposażonym" w swoiście myślącego, obserwującego i działającego fizyka.

Implicite zakładamy, zwykle sobie tego nie uświadamiając, że każdy z punktów i momentów wszechświata jest w istocie tożsamy z naszą oswojoną przez umysł i eksperyment lokalnością.

Nieskończoność w głąb

Przyjrzyjmy się jeszcze tzw. nieskończoności w głąb. Z punktu widzenia sposobu

funkcjonowania umysłu ZAWSZE możliwy jest podział dowolnego odcinka na dwie równe części, te na następne dwie równe części, i tak w nieskończoność (1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32,...).

Zawsze istnieje możliwość dalszego podziału tego, co podzielono dotychczas. Przy czym niezależnie od tego, ile już tych podziałów dokonaliśmy, nigdy nie będziemy ani o trochę bliżej wyczerpania nieskończoności w głąb.

Każdy z odcinków jest myślowo równoważny dowolnemu innemu ze względu na możliwość dalszego, nieskończonego podziału.

Jednakże fizyk popełniłby gruby błąd, gdyby zawierzył tu jedynie umysłowi sądząc, że taki podział realnej materii doprowadzi go w końcu do cząstek elementarnych, dalej już niepodzielnych. To nie ten sposób podejścia do problemu elementarności w fizyce.

Może warto zauważyć, że - w zmierzaniu ku nieskończoności wszcz - odpowiednikiem tych nieskończonych podziałów w głąb byłoby podwajanie długości wyjściowego odcinka (1, 2, 4, 8, 16, 32, ...). Matematyka poszła inną drogą. Na przykład liczby naturalne definiuje się metodą permanentnego dodawania jednostki do tego, co już tą samą metodą otrzymano poprzednio.

Robert Hooke i Izaak Newton. Powstanie i natura mechaniki klasycznej

Stan mechaniki ok. 1660 r.

Arthur Koestler przedstawia stan mechaniki przed Newtonem w sposób następujący:

„Oto jak przedstawiały się elementy układanki, które zastał Newton w latach sześćdziesiątych XVII wieku – trzydzieści lat po śmierci Keplera, dwadzieścia lat po śmierci Galileusza. Najważniejszymi były Keplerowskie prawa ruchu ciał niebieskich i Galileuszowe prawa ruchu ciał na ziemi. Te dwa elementy nie pasowały jednak do siebie [...]. Siły, które popychały planety w modelu Keplera, nie wytrzymały analizy fizyka. I vice versa, ustalone przez Galileusza prawa swobodnego spadania ciał i lotu pocisków nie miały widocznego związku z ruchami planet czy komet. Według Keplera planety poruszały się po elipsach, według Galileusza – po kołach. Według Keplera popychały je `szprychy` siły emanującej ze Słońca, które obracało się wokół własnej osi; według Galileusza nie były wcale popychane, ponieważ ruch kołowy nie wymagał podtrzymywania. Według Keplera lenistwo bądź inercja planet sprawiała, że poruszały się wolniej, niż `szprychy`; według Galileusza inercja była właśnie tym czynnikiem, który pozwalał im poruszać się po orbicie kołowej. `Wszystko-ć było w kawałkach, bez spójni

nijakiej'.⁷⁰

Robert Hooke (1635-1703)

Robert Hooke w swoich *Lectures* z 1674 roku zaprezentował mechanikę, podobną do newtonowskiej. Nie użył w niej jednak matematyki. Krótko przedstawiam teorię Hooke, by unaocznić pewną jednak pierwotność i nadrzędność pojęć (prób zrozumienia) nad matematyką w fizyce. To pojęcia są tym, co pozwala rozumieć zjawiska i je ogólnie myśleć. Sama matematyka zwykle nie wystarcza, by efektywnie myśleć o zjawiskach fizycznych.

Cytuję Hooke'a:

"Wykładam poniżej system świata różny w wielu szczegółach od jakiegokolwiek znanego dotychczas, ale odpowiadający pod każdym względem ogólnym regułom ruchów mechanicznych. Jest on oparty na trzech przypuszczeniach.

Po pierwsze, że wszystkie bez wyjątku ciała niebieskie są obdarzone właściwością ciężenia, czyli przyciągania do swych środków.

Drugie założenie to, że wszystkie ciała, będące w ruchu jednostajnym po prostej, pozostają w tym ruchu, dopóki nie zostaną przez jakieś działające moce odchylone i zmuszone do ruchu po okręgu, elipsie, lub jakiej innej złożonej krzywej.

Trzecie założenie to, że te moce przyciągania są tym silniejsze w działaniu, im bliżej ciało, na które działają, znajduje się ich środków; ale jakie są tego stopnie, tego jeszcze nie potwierdziłem doświadczalnie."

Hooke był znakomitym eksperymentatorem. Prawo grawitacji chciał wyprowadzić z doświadczenia. W owym czasie, ze względu na małość sił grawitacji, nie było to jednak możliwe.

Gdy Newton kilka lat później opublikował swoje *Principia...*, rozgorzała pomiędzy nim a Hooke walka o pierwszeństwo. Hooke twierdził, że Newton ukradł mu jego pomysły. Walka ta zakończyła się dopiero po śmierci Hooke'a.

Izaak Newton (1643 - 1727) i mechanika klasyczna

Newton był wszechstronnym uczonym, jednym z najwybitniejszych w dziejach. Z powodzeniem zajmował się mechaniką, optyką, matematyką, alchemią, teologią, i wieloma jeszcze innymi dziedzinami wiedzy. Był wybitnym teoretykiem i zarazem eksperymentatorem.

⁷⁰ Arthur Koestler, *Lutycy*, op. cit. ss. 495-496

Newton was versatile scholar, one of the greatest in history. He successfully dealt with mechanics, optics, mathematics, alchemy, theology, and many more other disciplines. He was an outstanding theoretician and experimenter.

Z najbardziej znanych jego osiągnięć, z którymi - w sformułowaniach współczesnych - zapoznać się można w szkole lub czytając dzisiejsze podręczniki, wymienić można mechanikę klasyczną, optykę geometryczną i analizę matematyczną.

Zacznę od zacytowania fragmentu z listu Newtona do Pierre'a Des Maizeaux, przypuszczalnie z 1717 lub 1718 roku:

"W początku 1665 r. znalazłem metodę przybliżania szeregów,... w listopadzie - metodę fluksji [rachunku różniczkowego - RM], w styczniu następnego roku miałem teorię barw, a w maju zdobyłem dostęp do odwrotnej metody fluksji [do metody fluent, podstaw rachunku całkowego - RM]. W tym samym roku zacząłem myśleć o grawitacji sięgającej do orbity Księżyca i udało mi się odkryć, jak obliczyć siłę, którą glob obiegający sferę ciśnie na jej powierzchnię, a z prawa Keplera, mówiącego o proporcjonalności kwadratów okresów obiegów planet do sześciątów odległości od środków ich orbit wywnioskowałem, że siły utrzymujące planety na ich torach muszą być odwrotnie proporcjonalne do kwadratów odległości od środków, wokół których obiegają; na tej podstawie porównałem siłę potrzebną do utrzymania Księżyca na jego orbicie z siłą ciężkości na powierzchni Ziemi i znalazłem, że zupełnie nieźle sobie odpowiadają. Wszystko to działo się w latach zarazy 1665-66, ponieważ byłem wtedy w szczytowym okresie życia dla wynalazków i rozmyślałem wówczas o matematyce i filozofii więcej, niż kiedykolwiek potem...".⁷¹

Zauważmy, że Newton dokonał tych wszystkich odkryć w wieku około 23 lat.

W roku 1687 wydaje Newton swoje podstawowe dzieło z mechaniki pt. *Zasady matematyczne filozofii naturalnej (Philosophiae Naturalis Principia Mathematica)*, w którym zawiera całość podstaw mechaniki klasycznej. Przy czym nie ma tam wielu z tych pojęć, które znajdujemy w podręcznikach współczesnych. Nie ma na przykład pojęcia masy ciała. Nie ma także znanych nam dzisiaj wzorów, dotyczących zasad dynamiki i prawa grawitacji. Newton wykorzystuje głównie geometrię, co bardzo komplikuje rachunki.

W dziele Newtona mechanika przedstawiona jest w sposób, właściwy dla nauki powstającej dopiero, nie zaś dojrzałej i ugruntowanej. Nie znajdziemy tam także wartości stałej grawitacji. Po raz pierwszy w warunkach laboratoryjnych wyznaczył ją Cavendish

⁷¹ Por. Andrzej K. Wróblewski, *Historia Fizyki, od czasów najdawniejszych do współczesności*, Wydawnictwo PWN W-wa 2006 r., ss. 124-125.

około stu lat po opublikowaniu *Zasad*, wykorzystując tzw. wagę skręceń, instrument bardzo zaawansowany i precyzyjny.

W ramach mechaniki klasycznej masę definiuje się na dwa różne sposoby, wykorzystując do tego celu II zasadę dynamiki (mówimy wtedy o tzw. masie bezwładnej), oraz prawo grawitacji (mowa wtedy o tzw. masie grawitacyjnej). Ponieważ stwierdza się proporcjonalność tak różnie zdefiniowanych mas, można je uczynić liczbowo równymi. W związku z tym w ramach mechaniki klasycznej używa się jednego symbolu na oznaczenie masy. Einstein, postulując fizyczną tożsamość masy bezwładnej i grawitacyjnej, mógł sformułować zasadę ogólnej równoważności i uczynić ją jedną z podstaw ogólnej teorii względności.

Newton podał w *Zasadach* definicje absolutnego czasu i absolutnej przestrzeni. Oto one:

"Czas absolutny, prawdziwy i matematyczny, sam z siebie i przez swą naturę upływa równomiernie i bez związku z czymkolwiek zewnętrznym i inaczej nazywa się trwaniem."

"Przestrzeń absolutna, przez swą naturę bez związku z czymkolwiek zewnętrznym, pozostaje zawsze taka sama i nieruchoma..."

Newton gave in *Principia...* definitions of the absolute time and the absolute space. Here they are:

"Time absolute, true and mathematical, of itself, and by their nature expire evenly and without regard to anything external, and otherwise is called duration."

"Absolute space, by its nature, without relation to anything external, remains always similar and immovable"

Sam Newton wydawał się skonfundowany faktem, że absolutnych, czasu i przestrzeni, nie da się zaobserwować bezpośrednio. "Absolutny czas nie jest przedmiotem percepcji" - przyznawał. By pokonać tę trudność, uciekał się do Bożej obecności. "Najwyższy trwa zawsze i jest obecny wszędzie. Przez swe istnienie wieczne i wszechobecne konstytuuje trwanie i przestrzeń."⁷²

Newton odpowiedział na pytanie, jak poruszają się ciała, a nie dlaczego się poruszają. Natura siły ciężenia pozostała nadal czymś całkowicie niezrozumiałym, choć wiadano już, jak siła ta funkcjonuje.

Newton zbudował fundament i wytyczył właściwy kierunek rozwoju, ale niemal cała mechanika, którą dziś znamy, jest dziełem wielu sławnych matematyków i fizyków 18 stulecia.

⁷² Wg Waltera Issacsona, *Einstein. Jego życie, jego wszechświat*. op. cit., s. 172

Dziś traktuje się mechanikę jako część fizyki. W XVIII, a nawet XIX wieku fizyka pozostawała nauką opisową, a mechanikę wykładano jako część matematyki, traktowanej jako jej specyficzna odmiana (wg określenia d'Alamberta mechanika była postrzegana jako "matematyka mieszana").

Mechanika stała się częścią fizyki wraz z wprowadzeniem jej w mikroświat, na przykład w ramach modelu gazu doskonałego.

Istota mechaniki klasycznej

Podstawą mechaniki klasycznej są bezpośrednie obserwacje i eksperymenty, w których dla rozpoznania zjawisk ruchu wykorzystuje się pręty pomiarowe i zegary. Przy czym *implicite* zakłada się, że oddziaływania pomiędzy ciałami i informacje o zmianach "rozchodzą się natychmiastowo" (czy zauważyłeś wewnętrzną sprzeczność takiego określenia?).

Gdy zjawiska ruchu organicznie powiążemy z matematyką, wszechświat wokół naszego laboratorium (i wokół dowolnego innego) rozciągnie się w nieskończoność. Za sprawą naszych matematycznych umysłów wszechświat przedstawi nam się jako nieskończona kula, której 'środek jest wszędzie, a powierzchnia nigdzie' (Pascal). Także czas fizyczny okaże się nieskończony. Wszystkie miejsca i momenty myślanego matematycznie wszechświata są tożsame.

Ten nieskończony, niezmienny i wiecznotrwały wszechświat wokół nas (i wokół każdego innego obserwatora), jako konstrukcja naszego umysłu, ugruntowana w lokalnej empirii, nie jest zależny od czegokolwiek. Newton wyraził to *explicite*, definiując przestrzeń absolutną i czas absolutny.

W ramach mechaniki klasycznej obowiązuje tzw. zasada względności, zgodnie z którą wszystkie układy odniesienia, poruszające się ruchem jednostajnym i prostoliniowym względem innych podobnych układów, z którymi możemy powiązać jakiegokolwiek laboratorium fizyczne, są fizycznie równoważne. Znaczy to, że nie istnieją zjawiska fizyczne, których przebieg w takich układach laboratoryjnych pozwoliłby określić stan ruchu tych układów.

W związku z fizyczną równoważnością dowolnych układów inercjalnych wprowadza się w ramy mechaniki klasycznej tzw. transformację Galileusza, dotyczącą składania prędkości i czasu.

W tak określonych warunkach funkcjonują trzy zasady dynamiki, pozwalające na ilościowe wprowadzenie dowolnych, zewnętrznych przyczyn ruchów przyspieszonych. Mówi się o sile jako zewnętrznej przyczynie dowolnego ruchu przyspieszonego,

uwzględniając w tym siłę grawitacji. Tymczasem, w odróżnieniu od sił pozagrawitacyjnych, mających zawsze jakieś realne źródła zewnętrzne, na przykład termodynamicznej natury, siła grawitacji jest "przyczyną samej siebie". Jako taka jest w ramach mechaniki klasycznej zwykłą niezrozumiałą rzeczą.

W mechanice klasycznej ugruntowana jest fizyka klasyczna, z którą mamy do czynienia zawsze wtedy, gdy w lokalnym, laboratoryjnym układzie odniesienia, powiązany z jakimś ciałem makroskopowym, dostrzegamy lub definiujemy jakąś siłę i w celu wyprowadzenia skutków jej działania korzystamy z zasad dynamiki Newtona, czyniąc to w kontekście wszechobecnej siły grawitacji.

9. Rozwój fizyki makroświata

Rozwój idei, dotyczących natury światła

W początkach nowożytnej nauki o świetle zajmowano się głównie właściwościami promieni świetlnych. Zauważano jednak także zjawiska dyfrakcji, które mogły świadczyć o falowej naturze światła. Francesco Maria Grimaldi w połowie XVII wieku pisał: „Światło rozprzestrzenia się nie tylko wprost, przez załamanie i przez odbicie, ale także w czwarty sposób przez dyfrakcję.”⁷³

Poglądy na naturę światła ewoluowały od jednostronności teorii korpuskularnych (Newton, Kartezjusz), poprzez prymitywny dualizm falowo-korpuskularny Newtona i Hooke'a, czystą fenomenologię promieni świetlnych (Newton), jednostronności teorii falowych Younga i Fresnela, syntezę Maxwella, który połączył światło z elektromagnetyzmem, do współczesnej elektrodynamiki kwantowej, zbudowanej na dualizmie falowo-korpuskularnym i pojęciu fotonu.

Jakie problemy pojawiają się w związku z obserwowanymi właściwościami światła?

W teorii korpuskularnej światła, rozwijanej przez Kartezjusza i początkowo także przez Newtona, powstawał problem prędkości światła w próżni i w ośrodku. W kontekście prawa załamania światła przyjmowano (Kartezjusz), że w ośrodku gęstszym korpuskuły świetlne poruszają się szybciej, niż w ośrodku rzadszym lub próżni. Eksperymentalnie prędkość światła w ośrodku wyznaczył dopiero Foucault w połowie XIX wieku. Wiemy dzisiaj, że prędkość światła w ośrodku jest mniejsza, niż w próżni.

Ze względu na fakt posiadania przez światło pewnych właściwości, wykazywanych jedynie przez fale, powstał problem połączenia fal i cząstek w ramach jednej spójnej teorii światła. W fizyce makroskopowej fala i cząstka to obiekty całkowicie przeciwstawne. Ruch cząstki to - w skrajności - jednokierunkowe przemieszczanie się obiektu materialnego w próżni; ruch falowy to sferyczne rozprzestrzenianie się energii w ośrodku, bez transmisji masy. Klasyczny obiekt fizyki posiada właściwości falowe albo korpuskularne; nie może mieć równocześnie i tych, i tamtych.

Często wydaje nam się, że problem połączenia właściwości falowych i korpuskularnych światła powstał dopiero w wieku 20-tym, wraz z odkryciem efektu fotoelektrycznego. Jednakże już fizycy 17-go wieku zastanawiali się nad tym zagadnieniem, proponując nawet jakieś rozwiązania (Newton i Hooke).

Izaak Newton pisał w jednym z listów do Hooke'a: „...Istotnie, w mojej teorii

⁷³ Por. Andrzej K. Wróblewski, *Historia fizyki*, op. cit., s.164

wypowiadam się o substancjalności światła, ale czynię to bez jakiegokolwiek absolutnej stanowczości, na co wskazują słowa: 'możliwe jest', (...) wniosek ten jest tylko bardzo prawdopodobnym wynikiem mojej doktryny, a nie podstawową przesłanką. (...) Drgania eteru są jednakowo użyteczne i potrzebne... Jeśli bowiem przypuścimy, że promienie światła są to małe ciała wyrzucane we wszystkie strony przez świecące ciała, to, padając na jakąkolwiek załamującą lub odbijającą powierzchnię, muszą wywoływać drgania w eterze równie nieuniknione, jak kamienie rzucone do wody..."⁷⁴

Warto podkreślić, że Newton w swej *Optyce* ostatecznie odstąpił od jakiegokolwiek głębszej teorii światła, bazując na pojęciu promienia świetlnego i budując fenomenologiczną w istocie optykę geometryczną.

Wcześni fizycy mieli duże problemy z pojęciem prędkości światła. Czy światło „rozchodzi się” natychmiastowo, tak jak na przykład oddziaływania grawitacyjne w teorii Newtona, czy z jakąś skończoną prędkością? Oto kilka cytatów (por. A.K. Wróblewski, *Historia Fizyki*, op. cit.):

Arystoteles tak oto omija sprzeczność, pojawiającą się w sformułowaniu 'rozchodzić się natychmiastowo': „...światło istnieje w ośrodku, a dzięki obecności ciała świecącego następuje jego 'aktualizacja'". Galileusz (*Il Saggiatore*): „... światło ma ruch natychmiastowy, albo powiedzmy - rozprzestrzenia się natychmiastowo i jest zdolne do zajmowania niezmiernych przestrzeni dzięki swej subtelności, rozrzedzeniu, niematerialności czy może jakiejś innej od wymienionych właściwości jeszcze nienazwanej.” Kartezjusz: „Kiedy ostatnio byliśmy razem, nie powiedziałem ci – jak piszesz – że światło porusza się natychmiastowo, ale że dociera ono natychmiastowo do naszych oczu od ciała świecącego – co dla ciebie wydaje się być tym samym.”

Następnym z problemów, który pojawił się wraz z falową koncepcją światła, był problem falującego ośrodka, w którym światło miałoby się rozprzestrzeniać. W ujęciu klasycznym fala może rozprzestrzeniać się wyłącznie w jakimś ośrodku; w próżni nie jest to możliwe. Empirycznie nie stwierdzano istnienia takiego ośrodka, więc założono jego istnienie *a priori* nazywając go eterem i próbując modelować jego właściwości.

Dwa z czterech podstawowych postulatów Younga (1801 r.), związanych z koncepcją falową natury światła, brzmiały następująco: 1. „Cały wszechświat jest wypełniony światłonośnym eterem o bardzo małej gęstości i dużej sprężystości.” 2. „Światło wysyłane przez różne ciała wywołuje w eterze drgania.”⁷⁵

Z czasem okazało się, że eter powinien posiadać właściwości co najmniej dziwne. Na przykład ze względu na poprzeczną naturę fal świetlnych i ich niezwykłą prędkość

⁷⁴ Ibidem, s.178

⁷⁵ Ibidem, s. 317

powinien być substancją absolutnie stałą, granicznie lekką i doskonale sprężystą. Powstawał także problem ruchu lub spoczynku eteru. Pojawiały się nieprzezwyčajalne sprzeczności. Jak wiadomo, pojęcie światłonośnego eteru zniknęło z fizyki dopiero wraz ze sformułowaniem przez Alberta Einsteina szczególnej teorii względności. Okazało się wówczas, że eter jest niepotrzebny i usunięto go ze struktury pojęciowej fizyki.

Gdy w roku 1905 Einstein opublikował empiryczne prawo, opisujące zjawisko fotoelektryczne, zakładając przy tym skwantowanie światła, fizyka światła znalazła się w całkowicie nowej sytuacji problemowej. Światło zdawało się mieć zarazem naturę falową i korpuskularną. Po wielu latach niepewności, po eksperymentach Comptona (1923 r.), w których wykazał on jednoznacznie, że światło posiada także naturę korpuskularną, fizycy ostatecznie pogodzili się z dualizmem falowo-korpuskularnym światła, wyrażając ten dualizm pojęciem fotonu. Foton stał się jednym z podstawowych obiektów fizyki współczesnej. Jego oddziaływanie z materią (np. z elektronami) opisuje współcześnie elektrodynamika kwantowa, której jednym z twórców był cytowany już parokrotnie Richard Feynman.

Jak daleko od fizyki byli ówczesni filozofowie, nawet ci, którzy metodę nowożytnego przyrodoznawstwa postrzegali jako jedyną poprawną, także w filozofii, niech świadczy wypowiedź Auguste Comte, twórcy filozoficznego pozytywizmu, który mniej więcej w tym samym czasie, w którym Josef Fraunhofer odkrył linie widmowe w świetle słonecznym i dokonał analizy składu chemicznego atmosfery Słońca, pisał: „...nigdy w żaden sposób nie będziemy mogli zbadać składu chemicznego gwiazd.... wiedza pozytywna, jaką możemy mieć o nich, jest ograniczona tylko do ich właściwości geometrycznych i mechanicznych.”⁷⁶

Termodynamika fenomenologiczna

W tym rozdziale pokrótce omówię dzieje fizyki ciepła, nie wnikając w mikroskopowe podstawy zjawisk cieplnych.

Można by rzec, że od zarania dziejów istniały dwie przeciwstawne koncepcje natury ciepła: 1. ciepło jest związane z istnieniem „materii ciepła” o specyficznych właściwościach, przy czym materia ciepła mogła być ciągła lub ziarnista, 2. ciepło jest związane ze specyficznym ruchem zwykłej materii.

Pierwsza koncepcja („materii ciepła”) przekształciła się z czasem w teorię cieplika, druga – po wielu perturbacjach – w fizykę statystyczną, której zwiastunem była teoria gazu doskonałego.

⁷⁶ Auguste Comte, *Cours de philosophie positive*, 1830-42

Podstawowe założenia teorii ciepłika przedstawiały się następująco⁷⁷:

- ciepłik jest fluidem, którego cząstki odpychają się wzajemnie
- cząstki ciepłika są przyciągane przez cząstki zwykłej materii, przy czym to przyciąganie może być różne dla różnych substancji,
- ciepłik jest fluidem niezniszczalnym i niemożliwym do stworzenia. Ta swoista „zasada zachowania ciepłika” była podstawą teorii,
- ciepłik może być swobodny albo utajony. Ciepłik swobodny tworzy „atmosferę” wokół każdej cząstki materii; ciepłik utajony wiąże się z cząstkami materii, tworząc połączenia podobne do chemicznych,
- ciepłik jest (przypuszczalnie) nieważki.

Teoria ciepłika umożliwiła zrozumienie wielu ówczesnie znanych zjawisk cieplnych. Można twierdzić, że ciepłik wprowadzony został *a priori* w fizykę po to właśnie, by to zrozumienie umożliwić. Z czasem okazało się, że jest bytem niepotrzebnym i został z fizyki usunięty. Co ostatecznie rozstrzygnęło?

Wielu fizyków sądzi, że rozstrzygnęły tu badania Benjamina T. Rumforda (ok. 1798 r.), dotyczące zjawiska przemiany energii mechanicznej w ciepło, uwalniające się na przykład podczas wiercenia luf armatnich. Jednakże sprawa nie jest tak jednoznaczna. W tych latach (i później) teoria ciepłika stała się teorią ilościową, bardzo dobrze tłumaczącą wiele zjawisk. Przeżywała największy rozkwit kilka dziesięcioleci po doświadczeniach Rumforda. Nie mogła z nią konkurować naiwna teoria kinetyczna.

Jak zauważa A.K. Wróblewski, to Jean B. J. Fourier – matematyzując (1822 r.) teorię ciepła na poziomie makroskopowym – ostatecznie uwolnił fizykę zjawisk cieplnych od konieczności wprowadzania jakiegokolwiek czynnika fizycznego, odpowiedzialnego za ciepło.

Jednakże faktu przemiany energii mechanicznej w ciepło nie można było zignorować. Po doświadczalnym ustaleniu, przez Jamesa Joula w 1848 r., wartości mechanicznego równoważnika ciepła sformułowana została I zasada termodynamiki, wiążąca przepływ ciepła z pracą mechaniczną i zmianą energii wewnętrznej układu.

Zauważmy: układ termodynamiczny był pierwotnie pojęciem fizyki makroskopowej, fenomenologicznej, czymś na kształt „czarnej skrzynki”, gdyż nie wniano w jego wewnętrzną budowę. Próbę wnikięcia do wnętrza układu termodynamicznego podjęto wraz ze skonstruowaniem modelu gazu doskonałego.

Pracę mechaniczną zawsze można było w całości przemienić w ciepło. Okazało się

⁷⁷ Por. Andrzej .K. Wróblewski, *Historia fizyki*, op. cit., s. 233

jednak, że nie zawsze ciepło można przemienić w pracę. W tym celu muszą zostać spełnione specjalne warunki. W szczególności musi istnieć różnica temperatur pomiędzy dwoma ciałami, źródłem ciepła i chłodnicą, oraz część ciepła, pobranego ze źródła, musi zostać oddana w chłodnicy. Nie całe więc ciepło, pobrane ze źródła, może zostać przekształcone w pracę mechaniczną. Na tej zasadzie działają wszystkie silniki cieplne. Stało się to treścią II zasady termodynamiki.

Można dodać, że termodynamika fenomenologiczna jest teorią bardzo rozbudowaną, z wieloma swoistymi pojęciami i bardzo zaawansowanym aparatem matematycznym. Nie będę tutaj jednak tego wątku rozwijał.

Z punktu widzenia problemu stosunku fizyki mikroświata i świata makro istotne jest to, że zasady termodynamiki ustalone zostały na poziomie makroskopowym, a jedno z jej kluczowych pojęć – układ termodynamiczny – nie zawierało i nie musiało zawierać, w ramach termodynamiki fenomenologicznej, żadnych treści, dotyczących mikroskopowego „wyposażenia” wnętrza tego układu.

Zauważmy jeszcze, że w ramach termodynamiki fenomenologicznej wykorzystuje się pojęcia ciepła i temperatury, teoretycznie nie zdefiniowane, źródłowo odnoszące się do wtórnych jakości zmysłowych. Jednakże ten ich charakter jakości wtórnych można było częściowo usunąć z teorii poprzez zobiektywizowanie temperatury termometrem, a ciepła kalorymetrem (i zasadą bilansu cieplnego).

Elektryczność i magnetyzm

Wprowadzenie

W przeciwieństwie do mechaniki, optyki lub ciepła, gdzie wiele zjawisk można było wprost obserwować, w przypadku zjawisk elektrycznych i magnetycznych, w celu ich wydobycia i zbadania, konieczna była budowa wielu zaawansowanych narzędzi, przyrządów pomiarowych i układów eksperymentalnych. Zjawiska te i związki między nimi były głęboko ukryte pod powierzchnią zjawisk obserwowanych bezpośrednio. Trzeba było wiele pracy eksperymentalnej, by je stamtąd wydobyć i przebadać.

Na bezpośrednio naocznej „powierzchni” zjawisk występował magnetyt i bursztyn. Nie ma tu żadnych ogniw, prądów elektrycznych, solenoidów, maszyn elektrostatycznych, prądnic itp., tzn. tego wszystkiego, co było konieczne dla odkrycia i badania zjawisk elektromagnetycznych, które ostatecznie doprowadziły do równań Maxwella.

Odpowiednie zjawiska musiały wpierw zostać „wydobyte”, aby mogły zostać zbadane eksperymentalnie i zrozumiane.

Elektro i magnetostatyka

W początkowym okresie odrębnie badano zjawiska elektryczne i magnetyczne, nie sprowadzając ich do siebie wzajemnie. Powstają: elektrostatyka i magnetostatyka.

Elektryczność wyobrażano sobie pierwotnie jako rodzaj specjalnej materii, ziarnistej lub ciągłej, nazywanej często 'fluidem elektrycznym', wprowadzonym apriorycznie w fizykę, nie powiązanym ze zwykłą materią ważką. Miała to być substancja eteryczna o pewnych właściwościach, dająca się odpowiednio modelować na gruncie obserwacji i eksperymentów makroskopowych. Nadmiar lub niedomiar tej „materii” elektrycznej miał uwidaczniać się naelektryzowaniem ciał.

Dobrze wszystkim znane prawo Coulomba (1785 r), dotyczące oddziaływania naładowanych elektrycznie ciał makroskopowych, okazało się analogiczne do prawa grawitacji. Dlatego można było wykorzystać formalizm matematyczny, stworzony w ramach mechaniki klasycznej. Elektrostatyka mogła się bardzo szybko rozwinąć.

Na bazie prawa Coulomba stworzono system jednostek dotyczących zjawisk elektrostatycznych. Zostało także sformułowane analogiczne prawo oddziaływania „mas magnetycznych” (biegunów magnesów). Powstaje niezależny system jednostek magnetycznych.

Prąd elektryczny

Luigi Galvani opublikował w 1791 roku pracę, w której opisuje wyniki swoich doświadczeń z „elektrycznością zwierzęcą”, przypadkowo odkrytą podczas wykonywania sekcji żaby. Alessandro Volta, budując ok. 1800 roku pierwsze ogniwa galwaniczne – źródła stałego prądu elektrycznego – wykazał, że odkryta przez Galvaniego elektryczność zwierzęca była szczególnym przypadkiem ogólnego zjawiska powstawania prądu elektrycznego w stosach specyficjnie ułożonych przewodników.

Wraz ze skonstruowaniem źródła prądu stałego uczyniono ważny krok w rozwoju wiedzy o zjawiskach elektromagnetycznych. Otworzyła się możliwość badania właściwości fluidu elektrycznego w ruchu oraz jego oddziaływań na przykład na magnesy (igłę magnetyczną) czy przewodniki z prądami.

Volta w swych pracach nie mówi o poruszających się ładunkach elektrycznych czy na przykład naładowanych cząstkach zwykłej materii, lecz o fluidzie elektryczności. Nie wymyśla przedwcześnie hipotez, lecz tylko opisuje zjawisko. Jest przekonany, że niewiele wie o naturze elektryczności. Prąd elektryczny określa z punktu widzenia jego makroskopowych właściwości.

Wstępnie zakładano ciągłość lub ziarnistość elektryczności. Z czasem powstał model prądu elektrycznego jako ruchu ziaren (korpuskuł) fluidu elektrycznego. Lecz te

aprioryczne ziarna nie miały nic wspólnego z realnymi mikroobiektami, na przykład elektronami. Wszelkie ówczesne modele elektryczności powstawały na gruncie badań zjawisk makroskopowych i w zasadzie były fenomenologicznym ujęciem zjawisk elektrycznych.

Może warto już tutaj wspomnieć, że powstała 70 lat później elektrodynamika Maxwella także była teorią makroskopową. Nie zakładano w jej ramach istnienia realnych, mikroskopowych, materialnych centrów elektryczności, gdyż jej centralnym pojęciem było pole elektromagnetyczne, które wprawdzie, ze względu na swoją geometrię, mogło wskazywać na istnienie takich centrów, lecz ich materialnego istnienia nie postulowało.

Sprowadzenie magnetyzmu do prądu elektrycznego

Skonstruowanie ogniw galwanicznych otworzyło nowe obszary badań. Poszukiwano efektu oddziaływania przewodników z prądami na igłę magnetyczną, i odwrotnie. Jednakże, jak pisze A.K. Wróblewski: „Aż do odkrycia Oersteda w kwietniu 1820 roku poszukiwania związku między elektrycznością a magnetyzmem kończyły się niepowodzeniem. Znamy teraz powody tych niepowodzeń. Po pierwsze, sądzono w tym czasie, że powinno istnieć oddziaływanie pomiędzy magnetyzmem i elektrycznością statyczną, po drugie zaś, spodziewano się wykryć siłę centralną, podobną do znanych wówczas sił: grawitacyjnej, elektrostatycznej (kulombowskiej) i siły oddziaływania między biegunami magnetycznymi.”⁷⁸

Występowała bariera intelektualna, związana z obowiązującym ówczesnie paradygmatem.

Oersted opisał moment swojego odkrycia następująco (cytuję za A.K. Wróblewskim, s. 289): „Elektromagnetyzm został odkryty w 1820 roku przez profesora Hansa Christiana Oersteda z uniwersytetu w Kopenhadze. Podczas zimy 1819-1820 miał on wykłady na temat galwanizmu i magnetyzmu dla słuchaczy, którzy poprzednio zaznajomili się z zasadami filozofii naturalnej. Przygotowując wykład, w którym miał omawiać analogie między elektrycznością i magnetyzmem wpadł on na pomysł, że jeśli jest możliwe wywołanie przez elektryczność jakiegoś efektu magnetycznego, to efekt ten nie powinien występować w kierunku prądu, gdyż to sprawdzano wielokrotnie bez powodzenia, lecz musi być spowodowany pewnym działaniem w bok.”

Podczas wykładu odpowiedni efekt pojawił się. Po dodatkowych badaniach, podjętych dopiero trzy miesiące później, Oersted ostatecznie stwierdza, że „...efekt magnetyczny prądu galwanicznego ma wokół niego ruch kołowy”.

⁷⁸ Andrzej K. Wróblewski, *Historia Fizyki*, op. cit., s. 288

Magnetyzm do elektryczności sprowadził Andre Marie Ampere (1775-1836). Ampere zajmował się fizyką tylko kilka lat, ale jego wkład okazał się bardzo znaczący. Krótko mówiąc podał wyczerpującą teorię magnetycznego oddziaływania prądów elektrycznych.

Zjawiska i prawa oddziaływań magnetycznych różnego rodzaju przewodników z prądami są znane i nie będę ich tu omawiał. Ich opis i wyjaśnienia znaleźć można w każdym podręczniku z elektryczności i magnetyzmu.

Najważniejsza praca Ampère'a o elektryczności i magnetyzmie, zwieńczająca jego dokonania w tej dziedzinie, została opublikowana w r. 1826 i nosiła tytuł "Traktat o matematycznej teorii zjawisk elektrodynamicznych opartej *wyłącznie* [podkreślenie moje – RM] na eksperymentach" ("Mémoire sur la théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques uniquement déduite de l'expérience").

Warto zauważyć, że odpowiednie eksperymenty dotyczyły oddziaływań fluidu elektrycznego w ruchu lub w spoczynku, występującego w ciałach makroskopowych, i związanego właściwościami mechanicznymi i geometrycznymi mas. Dlatego ich podstawą były zasady dynamiki, gdyż to poprzez pryzmat tych zasad przejawiały się właściwości fluidu elektrycznego.

Pisząc o wspomnianej pracy Maxwell porównał w 1879 Ampère'a z Newtonem. Samą pracę określił jako, cytując: "...jedno z najbłyszotliwszych osiągnięć nauki. Całość, teoria i eksperymenty wyglądają jak gdyby w pełni dojrzałe i kompletne wyskoczyły z głowy tego 'Newtona elektryki'. Jest doskonała w formie i nieskazitelna w precyzji, a składa się z formuł, z których można wywieść wszystkie zjawiska elektrodynamiki i które muszą na zawsze pozostać jej kardynalnymi tezami." (za A.K. Wróblewskim).

Dlaczego wzór Ampera, jak pisze Maxwell w innym miejscu, „...musi na zawsze pozostać zasadniczym wzorem elektrodynamiki”? Może dlatego, że jest to wzór empiryczny i jego poprawność nie zależy od jakichkolwiek hipotez teoretycznych. Z czasem być może okaże się jedynie pewnym przybliżeniem, lecz zawsze pozostanie wzorem użytecznym.

Można podać inne przykłady podobnych praw: 1. prawo swobodnego spadku sformułowane przez Galileusza (z pewnymi ograniczeniami), 2. prawa optyki geometrycznej, wykryte przez Newtona i opisane niezależnie od jakiegokolwiek teorii natury światła, 3. cała mechanika klasyczna jako bezpośrednio styczna z przestrzenią empirii bezpośredniej, a także 4. termodynamika fenomenologiczna.

Gdy następuje rewolucja w fizyce, zmienia się czasem zasadniczo nasz pogląd na świat, rozbijane są teorie wcześniejsze, formułowane nowe hipotezy, czasami zasadniczo różne od dotychczasowych, ale zawsze pozostaje pewien fundament dobrze sprawdzonych praw empirycznych, które nowa teoria musi objąć, wyjaśnić i ewentualnie

uogólnić. Dlatego tak się dzieje, że każdy realny eksperyment zawsze przeprowadzany jest w przestrzeni empirii bezpośredniej, granicznie newtonowskiej, z której także wydobyto wszystkie dane empiryczne, będące fundamentem teorii. Fizyka, jaką znamy, jest zakorzeniona w empirii bezpośredniej, w związku z czym pewne jej elementarne i dobrze sprawdzone ustalenia obowiązywać będą po wsze czasy.

Michael Faraday: „Przetworzyć magnetyzm w elektryczność”

Oto pokrótce istota zjawiska indukcji elektromagnetycznej, odkrytego przez Michaela Faradaya, w 1831 roku. Załóżmy, że mamy zamknięty obwód, wykonany z materiału, przewodzącego prąd elektryczny. Może to być na przykład pierścień z drutu miedzianego. Gdy w pobliżu tego pierścienia poruszać będziemy na przykład magnesem (możemy zresztą poruszać samym pierścieniem, nie magnesem), wówczas zwykle przez obwód popłynie prąd. Ogólnie mówiąc prąd elektryczny, odpowiednio skierowany, o zmiennym natężeniu i kierunku, popłynie w zamkniętym obwodzie wtedy, gdy zmieniać się będzie tzw. strumień indukcji magnetycznej, przechodzący przez obwód. Można to zapisać matematycznie, w postaci ogólnego prawa indukcji elektromagnetycznej.

Z punktu widzenia odkrywców tego zjawiska najważniejszą i niespodziewaną jego właściwością było to, że prąd elektryczny powstaje jedynie w przypadku względnego ruchu magnesu i obwodu elektrycznego (idzie o wygenerowanie zmiany strumienia indukcji magnetycznej); nie powstanie natomiast w żadnej konfiguracji statycznej przewodników i magnesów.

Wiedzano już, w jaki sposób stały prąd elektryczny tworzy pole magnetyczne i oddziałuje z innymi źródłami pola, takimi jak magnesy stałe lub inne przewodniki z prądami. Nie wiedzano, czy i jak pole magnetyczne, na przykład solenoidów czy magnesów sztabkowych, może generować prąd elektryczny.

Faraday zapisał w swoim *Dzienniku*, prowadzonym bardzo systematycznie: 'przekształcić magnetyzm w elektryczność'.

Wielu fizyków przed nim także stawiało sobie podobne zadanie. Jednakże, zgodnie z ówczesnym paradygmatem, mającym źródła w mechanice newtonowskiej i elektrostatyce, poszukiwali oni raczej konfiguracji statycznych. Nie przyszło im na myśl, by zbadać dynamiczne układy przewodników i magnesów, poruszające się względem siebie. Dlaczego to się udało Faradayowi?

Faraday był synem kowala, zapewne więc już we wczesnym dzieciństwie miał żywy, empiryczny kontakt z pewnymi zjawiskami fizyki (o jakich zjawiskach piszę wie każdy, kto choć raz znalazł się w kuźni). Postrzegał je zapewne bezpośrednio, bez jakichkolwiek uprzedzających myśli czy koncepcji. Terminował także u introligatora, co z pewnością ugruntowało w nim ten bezpośredni sposób postrzegania zjawisk. Później pracował jako

laborant u Davy'ego, gdzie zaznajomił się ze sztuką eksperymentowania (zauważ: piszę 'ze sztuką eksperymentowania', a nie np. 'z pustą formą eksperymentu', tak powszechną dzisiaj w różnego rodzaju studenckich pracowniach fizycznych).

Można przypuszczać, że Faraday nigdy w swojej długotrwałej i niezwykle owocnej karierze naukowej nie zmienił swojego sposobu bezpośredniego postrzegania zjawisk, ugruntowanego już w dzieciństwie, postrzeganego jako podstawa wszelkiej nauki.

Faradayowie od dwóch pokoleń byli członkami sekty sandemanianów, odłamu prezbiterianów. Sandemanianie twierdzili między innymi, że prawdę zdobywa się samemu przez uważną obserwację przyrody, będącej dziełem boskim. Jak pisze A.K. Wróblewski: „Przekonania religijne Faradaya odegrały rolę w jego pracy badawczej, gdyż jako sandemanianin odkrywał prawa przyrody bezpośrednio, przez obserwacje i eksperymenty, nie kierując się teoriami i przekonaniami innych.” Nieoczekiwane i niezbadane mogą być drogi, prowadzące do rzeczywistych odkryć naukowych!

Faraday odkrył zjawisko indukcji elektromagnetycznej po długich i żmudnych badaniach empirycznych, prowadzonych głównie metodą prób i błędów, bez jakichś ogólnych hipotez teoretycznych, sterujących poszukiwaniami. Lecz gdy uchwycił już przyczółki, dokładnie przebadał wszystkie możliwe implikacje dostrzeżonego zjawiska, dochodząc ostatecznie do uchwycenia prawidłowości ogólnych.

Dlaczego to Faraday dokonał tego odkrycia? Co spowodowało, że w sytuacji, gdy hipoteza „elektromagnetyzmu statycznego” stała jak zasłona między umysłami fizyków a rzeczywistością, udało mu się przezwyciężyć ówczesne schematy myślenia?

W fizyce zasłona między umysłami fizyków a tą bezpośrednio obserwowalną rzeczywistością często bierze się z obowiązujących paradygmatów, a także na przykład przesadnego zawierzenia matematyce. Nie pozwala ona czasami wręcz dojrzeć tego, co widać gołym okiem, a co nieprzewidywalne na gruncie obowiązujących teorii, a więc niezrozumiałe, nie mówiąc już o tym, że takich zjawisk się w ogóle nie poszukuje. A jak się nawet na nie przypadkowo natrafi, to ignoruje się je traktując często jako wynik jakiegoś błędu systematycznego. Często także nie docenia się wagi takich przypadkowych odkryć.

Umysły fizyków często pozostają we władzy jakiegoś dogmatyzowanego paradygmatu, co prowadzić może do tego, że wielu fizyków, w odróżnieniu na przykład od Galileusza, Faradaya, Feynmana,... nie odczuwa potrzeby bezpośredniej, nieuprzedzonej przez koncepcję, aktywnej obserwacji. A jest ona empirycznym punktem wyjścia fizyki nowożytnej i każdej dobrej teorii fizycznej.

James Clerk Maxwell, jeden z najwybitniejszych fizyków wszech czasów, który – nadając odkryciom Faradaya postać matematyczną i specyficznie uzupełniając ówczesną

wiedzę o elektryczności i magnetyzmie, sformułował elektrodynamikę, zdolną przewidzieć istnienie fal elektromagnetycznych – tak oto charakteryzował badania i metodę Faradaya:

„Metoda, którą posługiwał się Faraday w swych badaniach polegała na ciągłym odwoływaniu się do doświadczenia jako środka sprawdzania poprawności pojęć i na ciągłym doskonaleniu tych pojęć pod bezpośrednim wpływem doświadczenia. W ogłoszonych przez niego opisach badań znajdujemy te pojęcia wyrażone językiem, który jest najwłaściwszy dla rodzącej się nauki, ponieważ jest nieco odmienny od stylu fizyków, przywykłych do matematycznych form rozumowania. (...) Było to może z korzyścią dla nauki, że Faraday, chociaż w pełni świadom zasadniczych pojęć przestrzeni, czasu i siły, nie był zawodowym matematykiem (...) i nie czuł się powołany do narzucania swoim pomysłom kształtu odpowiadającego matematycznemu gustowi jego epoki ani do wyrażania ich w postaci, którą by matematycy mogli atakować. W ten sposób miał dość czasu, aby wykonywać swe prace, uzgadniać swe idee z poznawanymi faktami i wyrażać je językiem naturalnym i nietechnicznym.” (J.C.Maxwell. *Treatise on Electricity and Magnetism*).

Elektrodynamika Maxwella

Istota elektrodynamiki klasycznej

Richard Feynman powiedział kiedyś: "...nie potrafię lepiej wyjaśnić, dlaczego magnesy się przyciągają. Mogę tylko powiedzieć, że tak jest. (...) Nie potrafię naprawdę wyjaśnić elektromagnetyzmu, odwołując się do czegoś lepiej znanego, ponieważ sam nie rozumiem oddziaływań elektromagnetycznych przez odwołanie się do czegoś bardziej znanego."⁷⁹

Elektrodynamika klasyczna (sformułowana przez Jamesa Clerka Maxwella i przedstawiona w wydanym w 1873 dziele *Treatise on Electricity and Magnetism*) jest teorią makroskopową, tak skonstruowaną, że właściwości elektromagnetyczne świata wyrażają się w jej ramach głównie poprzez pryzmat właściwości obiektów masowych (zachowania się ciał naładowanych, przewodników z prądami, magnesów, a także cząstek naładowanych, itd.). Istotnym wyjątkiem jest wprowadzony przez Maxwella tzw. prąd przesunięcia, występujący także w próżni i niewykrywalny tam bezpośrednio, klasycznymi przyrządami pomiarowymi takimi jak galwanometr, gdyż niezwiązany wtedy z ruchem klasycznych ładunków elektrycznych czy naładowanych korpuskuł.

Efektom działania prądu przesunięcia jest powstanie wirowego pola magnetycznego, podobnie jak to ma miejsce w przypadku przepływu ładunków elektrycznych w

⁷⁹ Wg James Gleick, *Geniusz...* op. cit., s. 372

przewodniku. Pragnąc "zmaterializować" ten specyficzny prąd przesunięcia w próżni Maxwell interpretował go jako skutek ruchu dipoli elektrycznych w eterze.

Wprowadzenie prądu przesunięcia w strukturę elektrodynamiki pozwoliło Maxwellowi na całościowe i spójne ogarnięcie wszystkich znanych ówczesnie zjawisk elektromagnetycznych oraz na przewidzenie istnienia fal elektromagnetycznych.

Jak wspomniałem, Maxwell był zwolennikiem hipotezy eteru, w którym miały rozprzestrzeniać się fale elektromagnetyczne. Tworzył także różne modele mechaniczne eteru. Ostatecznie jednak elektromagnetyzmu nie dało się sprowadzić do mechaniki klasycznej i modele te zostały przez Maxwella porzucone.

Nie należy sądzić, że przed Maxwellem nie podejmowano prób całościowego i spójnego ujęcia wszelkich zjawisk elektromagnetycznych. Dobrze znana jest na przykład „newtonowska” elektrodynamika Webera (rozwijana w połowie 19 w.), zakładająca natychmiastowe oddziaływania pomiędzy spoczywającymi lub poruszającymi się względem siebie ładunkami elektrycznymi.

Interesujące jest to, że już we wzorach elektrodynamiki Webera pojawiła się stała, mająca wymiar prędkości i wartość porównywalną z prędkością światła w próżni.

James Clark Maxwell, postępując śladami Faradaya, przeniósł punkt odniesienia z centrów oddziaływań elektromagnetycznych, zawsze związanych w jakiś sposób z masami i ich mechanicznymi właściwościami, na przestrzeń wokół tych centrów. Wprowadził wykorzystywane już przez Faradaya pojęcie pola elektromagnetycznego. Centrów nie trzeba było definiować. Ważne było to, że istnieje pole, które może wskazywać na istnienie takich centrów.

Maxwell wydobyl elektryczność i magnetyzm z więzów mechaniki klasycznej i pozwolił przekształcić się elektrodynamice w niezależną dziedzinę fizyki.

W swych wcześniejszych pracach, jak również w *Traktacie o elektryczności i magnetyzmie* Maxwell zapisywał odpowiednie równania wykorzystując notację kwaternionową (jak chcesz, to poszukaj w internecie). Nie znajdziemy tam równań w znanej, obecnie używanej postaci, która wprowadził do fizyki jako pierwszy Oliver Heaviside dopiero w 1885 roku.

Wiadomo, że elektrodynamika Maxwella – jak ją rozumiano na początku XX wieku – w zastosowaniu do ciał w ruchu prowadzi do asymetrii, które nie wydają się być nieodłączne od zjawisk. Wiemy dzisiaj, że równania Maxwella nie podlegały powszechnie wówczas wykorzystywanej transformacji Galileusza. By usunąć ten defekt, w roku 1903 Hendrik Lorentz (1853-1928) zaproponował tzw. „transformację Lorentza”, wykorzystaną później przez Einsteina w szczególnej teorii względności.

Światło jako fala elektromagnetyczna

Na jakiej podstawie Maxwell twierdził, że światło wydaje się być falą elektromagnetyczną, podległą równaniom, które sformułował?

Oto jego przesłanki:

1. fala elektromagnetyczna jest falą poprzeczną, co postulowano także dla fal świetlnych ze względu na zjawisko polaryzacji światła,
2. Prędkość rozchodzenia się zaburzenia elektromagnetycznego zgodnie ze wzorem Webera jest zbliżona do zmierzonej prędkości światła,
3. Stała „c” w elektrodynamice Webera pojawiła się w wyniku powiązania jednostek elektrostatycznych z jednostkami elektromagnetycznymi, co może świadczyć o współzależności zjawisk elektromagnetycznych i świetlnych.

Maxwell pisze (cytuję za A.K. Wróblewskim): „...mamy silną podstawę, aby wyciągnąć wniosek, że samo światło (...) jest zaburzeniem elektromagnetycznym, które rozchodzi się w postaci fal w polu elektromagnetycznym, zgodnie z prawami elektromagnetyzmu.”

Zauważmy: Maxwell mówi o silnej podstawie, a nie o pewności. Pewność uzyskał dopiero Hertz, który po dokładnym przebadaniu wytwarzanych przez siebie w laboratorium fal elektromagnetycznych stwierdził (1889 r., cytaty za A.K. Wróblewskim): „...Związek światła i elektryczności, co do którego istniały przeczucia, a nawet przewidywania teoretyczne został obecnie ustalony... Optyka nie jest już ograniczona do maleńkich fal eteru o długości ułamka milimetra, lecz jej obszar rozciąga się do fal, których długość mierzy się w decymetrach, metrach i kilometrach.”

Powstaje nie całkiem, jak sądzę, bezsensowne pytanie, czy faktycznie światło można było uznać za tożsame z tym, co wytwarzano w laboratoriach metodą Hertza? Może światło tylko przejawia się w czasoprzestrzeni w sposób podobny do tego, w jaki przejawia się fala elektromagnetyczna, "wyprodukowana" w makroskopowych układach eksperymentalnych? Czy przyczyną tego podobieństwa jest tożsama natura "makroskopowej" fali elektromagnetycznej i światła, czy właściwości "więzów czasoprzestrzennych", w ramach których obydwa te obiekty przejawiają się w przestrzeni empirii bezpośredniej?

Hertz (a za nim wszyscy praktycznie fizycy) utożsamił fale elektromagnetyczne, wytwarzane w laboratorium i powstające jako wynik oscylujących prądów w odpowiednich układach przewodników, oraz fale świetne, emitowane samoczynnie z wnętrza materii przez źródła naturalne, niedostępne bezpośrednio oglądowi, takie jak na przykład atomy.

Jednakże w widmie fal elektromagnetycznych, gdzieś pomiędzy mikrofalami a

promieniowaniem podczerwonym, zdaje się występować nieciągłość, istotna z punktu widzenia teorii poznania, biorąca się z pewnej metodologicznej odmienności metod budowania teorii makro i mikroświata (zob. jeden z następujących rozdziałów). Pojawia się ona w związku z przejściem od źródeł fal elektromagnetycznych, bezpośrednio wytwarzanych w laboratoriach, do źródeł tych fal, jako emitowanych samoczynnie z wnętrza mikroobiektów. Może ona nie mieć znaczenia, warto ją jednak zauważyć.

10. Teorie względności

W teoriach klasycznych, w tym teorii Galileusza czy Newtona, *implicite* zakłada się, że wszelka informacja, dotycząca tego, co obserwowalne we wszechświecie, rozchodzi się w sposób natychmiastowy. Gdzieś we wszechświecie coś zdarza się i może to być natychmiast zaobserwowane przez dowolnego (i wszystkich) obserwatorów, niezależnie od tego, jak odległych i w jakim stanie ruchu pozostających. Jak wiadomo, założenie to zniósł dopiero Einstein w szczególnej teorii względności.

Szczególna teoria względności (STW)

Wprowadzenie

Szczególną teorię względności (STW) opublikował Albert Einstein w 1905 roku w pracy zatytułowanej *O elektrodynamice ciał w ruchu*. Jak pisze Walter Issacson "Większość pomieszczonych tam idei zawarta została w słowach i barwnych eksperymentach myślowych, a nie w skomplikowanych równaniach. Oczywiście jest tam również trochę matematyki, ale na ogół takiej, z którą może poradzić sobie zdolny uczeń ostatnich klas szkoły średniej. 'Cały artykuł jest hołdem dla potęgi prostego języka, potrafiącego przekazywać głębokie i bardzo intrygujące idee' - stwierdził pisarz naukowy Dennis Overbye.⁸⁰

(...) Jedną z najjaśniejszych wykładni teorii Einsteina znaleźć można w jego liście do kolegi z Akademii Olimpijskiej [kółka dyskusyjnego, założonego pod tą szumną nazwą przez młodego Einsteina i jego kilku kolegów szkolnych - RM], Maurice'a Solovine'a:

'Teorię względności da się zarysować w paru słowach. Wbrew faktowi, znanemu od czasów starożytnych - że ruch da się uchwycić tylko jako względny - fizyka oparta była na koncepcji ruchu *absolutnego*. W trakcie badań nad falami świetlnymi przyjęto, że jeden ze stanów ruchu - stan przenoszącego światło eteru - różni się od wszelkich innych. Wszystkie ruchy ciał miały się odbywać względem przenoszącego światło eteru, który był wcieleniem absolutnego spoczynku. Jednakże wszelkie wysiłki, by doświadczalnie odkryć ten uprzywilejowany stan ruchu hipotetycznego eteru skończyły się niepowodzeniem. Można zatem sądzić, że do problemu można podejść inaczej. I to właśnie robi moja teoria względności. Według niej nie ma żadnych uprzywilejowanych stanów ruchu. Wyciąga też

⁸⁰ Walter Issacson, *Einstein. Jego życie, jego wszechświat*, przekład Jarosław Skowroński, Wydawnictwo Naukowe PWN, s. 175

konsekwencje z takiego stanu rzeczy."⁸¹

Szczególna teoria względności nie jest skomplikowana. Przyjrzyjmy się bliżej jej istocie.

Podstawowe postulaty STW

Szczególna teoria względności zbudowana jest na dwóch postulatach: 1. prędkość światła w próżni jest jednakowa w każdym kierunku we wszystkich inercjalnych układach odniesienia niezależnie od względnego ruchu obserwatora i źródła, oraz 2. prawa fizyki są identyczne w układach będących względem siebie w ruchu jednostajnym prostoliniowym (zasada względności).

Wiadomo, że STW przewiduje takie nie intuicyjne zjawiska, dochodzące do głosu przy dużych prędkościach względnych, jak np. tzw. dylatację czasu czy skrócenie FitzGerald-Lorentza.

Konsekwencją dylatacji czasu jest względność jednoczesności — dwa zdarzenia określone przez jednego obserwatora jako jednoczesne, nie muszą być jednoczesne dla innego obserwatora.

Z drugiej strony odległości między punktami, w tym na przykład początkiem i końcem pręta pomiarowego, zależą od względnego ruchu układu i obserwowanego obiektu.

Wartości innych wielkości fizycznych takich jak siła, pęd, przyspieszenie, natężenie pola elektrycznego także zależą od względnego stanu ruchu obserwatora.

Gdy przyjmiemy, że w ramach STW powinny obowiązywać zasady: zachowania pędu i energii, to okaże się, że masa ciała zmienia się wraz ze zmianą jego prędkości względem inercjalnego układu odniesienia, rosnąc do nieskończoności dla prędkości bliskich prędkości światła, oraz że odpowiadająca masie energia jest sumą tzw. energii spoczynkowej ciała i energii, związanej z jego względnym ruchem.

Podstawą STW jest tzw. transformacja Lorentza, z której wynikają wszystkie te (i inne) konsekwencje teorii. Opublikował ją Lorentz około 1903 roku, wieku, nie nadając jej jednak statusu prawa, dotyczącego rzeczywistości fizycznej. Pisał w 1927 roku: "Traktowałem moją transformację (...) tylko jako heurystyczną hipotezę roboczą. Zatem teoria względności jest wyłącznie dziełem Einsteina."

Źródłowo biorąc STW jest teorią makroskopową, związaną z pomiarami podstawowych wielkości fizycznych z pomocą zegarów i prętów pomiarowych, z wykorzystaniem światła; pomiarów, wykonywanych z różnych układów odniesienia, poruszających się względem siebie. Sam Einstein pisał, że "(...) twierdzenia każdej teorii tego rodzaju dotyczą

⁸¹ Ibidem, s. 181

związków między ciałami sztywnymi, zegarami i procesami elektromagnetycznymi."

Pewne naturalne konsekwencje braku eteru i wyróżnionych układów odniesienia

Wiadomo, że matematyk Hermann Minkowski postanowił nadać teorii Einsteina bardziej sformalizowaną, matematyczną postać, uzyskując (1908 r.) wartościowe wyniki. Jednakże "Einstein, dla którego matematyka wciąż nie była najmocniejszą stroną, określił pracę Minkowskiego jako 'zbyteczne belferskie wymądrzanie się'⁸² i żartował: 'Odkąd matematycy zagarnęli moją teorię względności, sam ją coraz gorzej rozumiem.'⁸³

Skąd wzięły się te przedziwne wnioski, dotyczące na przykład skrócenia Lorentza i dylatacji czasu, a także, w dalszym planie, równoważności masy i energii? Poniżej próbuje unaocznić źródła i istotę szczególnej teorii względności, na elementarnym poziomie i w możliwie przystępny sposób, zrozumiałą dla każdego, bez matematyki i zaawansowanej fizyki. Chcę cię doprowadzić, czytelniku, do samodzielnego odkrycia istoty STW.

Wyobraźmy sobie falę, rozprzestrzeniającą się w jakimś ośrodku (np. w powietrzu lub na wodzie). Jej prędkość rozprzestrzeniania się jest stała w danym ośrodku.

Prędkość fali względem ośrodka może zostać bezpośrednio zmierzona przez obserwatora, spoczywającego względem ośrodka, w którym rozchodzi się fala. I tak na przykład w przypadku fal dźwiękowych moglibyśmy odpowiednie pomiary wykonać z punktu obserwacyjnego, względem którego masy powietrza nie poruszają się, umieszczonego na przykład w gondoli balonu, unoszonego przez wiatr. W przypadku fal na wodzie bezpośredniego pomiaru prędkości fal w ośrodku wodnym, wzbudzonych na przykład wrzuceniem do wody kamienia, moglibyśmy dokonać z punktu obserwacyjnego, umieszczonego w łodzi, spoczywającej względem wody na spokojnym jeziorze lub spływającej swobodnie, bez włączonego silnika i wiosłowania, wraz z wodami rzeki. Wyobraź to sobie!

Ustalmy uwagę na falach wodnych. Możemy włączyć silnik łodzi i popłynąć na spotkanie fal lub uciekać przed nimi. W obydwu przypadkach poruszać się wtedy będziemy względem wody (ośrodka) - tego naszego absolutnego układu odniesienia.

⁸² Może nie od rzeczy będzie w tym kontekście powiedzieć, że Minkowski był wykładowcą matematyki na politechnice zuryskiej z czasów studiów Einsteina, a w rozmowie z Maksem Planckiem nie mógł ukryć zdziwienia: "To ogromne zaskoczenie, bo za swoich studenckich lat Einstein był leniwy jak pies. On się w ogóle nie przykładał do matematyki". Panowie zapewne nie lubili się za bardzo. A z drugiej strony czy faktycznie można w jakikolwiek sensowny sposób wypominać lenistwo umysłowe Einsteinowi, w sytuacji, gdy wiadomo, że w wieku 16 lat przeczytał (chyba z pewnym zrozumieniem) książki wielu filozofów (w tym Kanta), a także działał, jako *spiritus movens*, we wspomnianej już "Akademii Olimpijskiej"?

⁸³ Walter Isaacson, *Einstein. Jego życie, jego wszechświat*. op. cit., s. 182

Możemy tę naszą prędkość zmierzyć. Dodając ją (gdy płyniemy na spotkanie czoła fali) lub odejmując (gdy uciekamy od niego, bo na przykład ściga nas fala tsunami) do/od bezwzględnej prędkości fali w ośrodku otrzymamy prędkość względną: prędkość czoła fali względem poruszającej się w ośrodku łodzi. Ma tu zastosowanie transformacja Galileusza.

Zauważmy jeszcze, że na przykład w przypadku fal na wodzie lub fal dźwiękowych możemy uciec od czoła fali, poruszając się względem ośrodka z prędkością większą, niż prędkość fali w tym ośrodku. Nie doścignie nas grzmot towarzyszący wybuchowi bomby atomowej, jeżeli uciekać będziemy z prędkością ponaddźwiękową.

Wiemy dzisiaj, że zawsze jednak doścignie nas rozbłysk światła, towarzyszący wybuchowi, niezależnie od tego, z jak wielką możliwą prędkością byśmy nie uciekali, gdyż nasza prędkość ucieczki zawsze będzie mniejsza od prędkości światła. Z drugiej strony łatwo możemy wyobrazić sobie sytuację, w której my sami wytwarzamy falę, ścigając się z jej czołem. W przypadku na przykład fal dźwiękowych (szybkie odrzutowce, przekraczające prędkość dźwięku) lub fal na wodzie (szybkie motorówki, ślizgacze,...) możemy prześcignąć czoło fali, wytwarzanej przez nas samych. Nie da się jednak tego zrobić w przypadku fal świetlnych w próżni.

Przez praktycznie cały wiek 19-sty wyobrażano sobie ruch fal świetlnych na podobieństwo ruchu fal głosowych lub fal na wodzie (a konkretniej, ze względu na poprzeczny charakter tych fal, jako ruch w doskonale sprężystym ośrodku stałym), z wszystkimi tego konsekwencjami. Pojawiała się przy tym jedna zasadnicza trudność: co jest ośrodkiem, w którym fale świetlne się rozchodzą?

Zauważmy, że w przypadku fal klasycznych zawsze można określić absolutny układ odniesienia, związany ze spoczywającym ośrodkiem (np. nieruchomymi masami powietrza lub swobodnie unoszoną łodzią). Przy czym nie jest ważne, czy ośrodek porusza się na przykład względem stałego lądu, czy nie; równie dobrze możemy ten układ związać ze spływającymi masami wód rzeki, unoszącej łódź z przyrządami pomiarowymi, jak i z wicherą, unoszącą balon, w którego gondoli umieściliśmy laboratorium fizyczne. W obydwu przypadkach nasze laboratorium spoczywa względem ośrodka. Zawsze także bylibyśmy w stanie zmierzyć zarówno prędkość fali jak i naszą własną względem ośrodka.

W przypadku światła nie wykryto ośrodka, podobnego do powietrza lub wody. Nie można było w sposób bezpośredni określić absolutnego układu odniesienia. Nie jesteśmy w stanie zmierzyć ani bezwzględnej prędkości fali świetlnej ani prędkości naszego laboratorium względem ośrodka, przenoszącego fale świetlne.

Fizycy długo nie poddawali się, postulując istnienie światłonośnego eteru i próbując pośrednio określać jego właściwości. Zakładając jego istnienie pytano, czy eter spoczywa,

czy porusza się względem naszych ziemskich laboratoriów i jakie ma właściwości? A także czy jest może unoszony przez poruszające się ciała? Ta ostatnia hipoteza prowadziła jednak do nieprzewycięzalnych sprzeczności.

Wykonano wiele różnych eksperymentów, z których chyba najbardziej znanym jest eksperyment Michelsona-Morleya. W żadnym z nich nie znaleziono śladu eteru, a także nie udało się określić, czy - jeżeli eter istnieje - to spoczywa, a jeżeli tak, to względem czego i jaka jest nasza prędkość (np. prędkość Ziemi) względem eteru?

W tej sytuacji nie było możliwe zdefiniowanie jakiegokolwiek układu odniesienia, względem którego mógłby zostać odniesiony ruch wszelkich innych układów i światła. Absolutny układ odniesienia, spoczywający względem eteru, tak jak łódź może spoczywać względem mas wody, nie mógł zostać określony. Nie istniało (i nie istnieje) zjawisko fizyczne, które mogłoby umożliwić wyróżnienie jakiegokolwiek z inercjalnych układów laboratoryjnych ze względu na rozprzestrzenianie się światła (informacji, oddziaływań,...). Nie ma możliwości złożenia prędkości światła względem eteru z prędkością układu laboratoryjnego względem eteru, z wykorzystaniem transformacji Galileusza, bo żadnej z tych wielkości nie można zmierzyć. Wszystkie inercjalne laboratoryjne układy odniesienia okazywały się równoważne⁸⁴.

Czy sam nie byłbyś teraz w stanie sformułować postulatów STW?

Eliminuje się z fizyki nowożytną eter. Prowadzi to do zrównania wszystkich laboratoryjnych układów odniesienia w stosunku do ruchu światła. Cóż pozostaje konstruktywnemu umysłowi, pragnącemu spójnie i całościowo ogarnąć to wszystko?

Co mógłbyś pomyśleć, będąc w sytuacji problemowej ówczesnego fizyka? Pewnie powstanie samoistnie pytanie, co w takim razie z prędkością światła? Dlaczego miałyby ona zależeć od ruchu układu, w którym jest mierzona, w sytuacji, gdy wszystkie te układy są równoważne i nie sposób wyróżnić jakiegokolwiek z nich?

Nie pozostaje wtedy nic innego, jak przyjęcie zasady stałej prędkości światła, gdyż nie ma żadnego uzasadnienia fizycznego dla zróżnicowania prędkości światła. Brakuje jakiegokolwiek absolutnego układu odniesienia i po tych wszystkich, wspomnianych powyżej, badaniach eksperymentalnych, stała prędkość światła wydaje się prawem Natury.

Przyjmujesz więc, że prędkość światła jest taka sama w odniesieniu do dowolnego układu laboratoryjnego, niezależnie od względnego ruchu takich układów, ruchu układu odniesienia względem źródła światła czy ruchu źródła światła względem układu odniesienia.

⁸⁴ W ogólnej teorii względności uogólnia się zasadę równoważności na układy dowolne, w tym poruszające się z przyspieszeniem lub spoczywające w polu grawitacyjnym.

Jeżeli teraz założymy, że z dwóch różnych laboratoriów obserwujemy jakiś poruszający się obiekt wykorzystując światło, zaś odpowiednie pomiary wykonujemy z wykorzystaniem skalibrowanych w naszym układzie prętów pomiarowych i zegarów, wówczas okaże się, że nie możemy już stosować transformacji Galileusza do składania prędkości i czasów, gdyż - nie mogąc wyróżnić ze względu na światło, będące podstawowym nośnikiem informacji, żadnego z poruszających się układów - musimy tę transformację odpowiednio zmodyfikować, uwzględniając postulat stałej prędkości światła. Transformacja Galileusza zostaje zastąpiona transformacją Lorentza, z której wynikają wszystkie te nieintuicyjne konsekwencje STW, takie jak dylatacja czasu czy skrócenie FitzGerala-Lorentza. Jak to zrobiono od strony technicznej? - poszukaj w podręczniku lub w internecie.

Wraz ze sformułowaniem STW i zinterpretowaniem jej jako wprost wyjaśniającej naturę czasoprzestrzeni, zniknął z fizyki problem eteru. Eter okazał się zbędny, gdyż umysł wykonał tu woltę i w przeciwstawnym sposób, względem klasycznego, ogarnął zależności pomiędzy zegarami, prętami pomiarowymi i niosącymi informację sygnałami świetlnymi, czyniąc je zrozumiałymi inaczej. Oto słowa Einsteina z artykułu z 1905 r.:

„Wprowadzenie 'eteru światłonośnego' okaże się zbyteczne, ponieważ w przedstawionych tu poglądach ani nie ma potrzeby 'przestrzeni w absolutnym spoczynku', obdarzonej specjalnymi właściwościami, ani też potrzeby przypisywania wektora prędkości jakiegokolwiek punktowi pustej przestrzeni, w której zachodzą procesy elektromagnetyczne. (...) Niedostateczne uwzględnienie tej okoliczności jest źródłem trudności, z jakimi zmagają się elektrodynamika ciał w ruchu.”

Z punktu widzenia założeń prezentowanej tutaj teorii poznania istotne jest to, że umysł sam ze swej natury i na swoją miarę ogarnął i złożył z odpowiednich faktów zrozumiałą, spójną i logicznie niesprzeczną całość, różną od wszystkiego, co dotychczas wydawało się rozumne. Może udało się to także twojemu umysłowi? Jeżeli tak, to wiesz teraz z własnego doświadczenia, jak można (quasi)empirycznie sprawdzić te wszystkie aprioryczne hipotezy, dotyczące naszych władz poznawczych.

Einstein przyjął więc, że prędkość światła zawsze będzie taka sama, niezależnie od naszej prędkości względem czegośkolwiek. Nie uciekniemy więc przed rozbłyskiem wybuchu jądrowego, ani też nie wyprzedzimy fali świetlnej, wygenerowanej w jakimś laboratorium, gdyż zawsze będzie ona nas ścigać lub od nas uciekać z *taką samą*, ogromną prędkością, *zawsze* większą od naszej.

Z drugiej strony nigdy nie będziemy w stanie odebrać (lub przekazać) informacji o czymkolwiek natychmiastowo; zawsze pojawi się ona z opóźnieniem, spowodowanym skończoną prędkością jej rozchodzenia się. Także wszelkie oddziaływania pomiędzy dowolnymi obiektami fizyki (np. elektromagnetyczne, ale i grawitacyjne) rozchodzić się

będą ze skończoną, zawsze tą samą prędkością⁸⁵.

Pojawia się pewien problem natury poznawczej. Związany jest on ze wspomnianą powyżej próbą "ścigania" się fizyka ze światłem. Załóżmy, że prześcigamy światło, wysyłane z naszego układu. Czy i jak moglibyśmy cokolwiek wtedy obserwować (oświetlając np. jakieś obiekty przed nami światłem wysyłanym z naszego źródła)⁸⁶?

W związku z tym pojawiła się koncepcja tzw. "stożka świetlnego". Jest to pewna powierzchnia, rozdzielająca czterowymiarową czasoprzestrzeń na dwie części. W wewnętrznej części stożka świetlnego znajdują się punkty czasoprzestrzeni, do których (i z których) może docierać informacja (lub oddziaływanie) z/do naszego laboratorium, umiejscowionego w wierzchołku stożka, na zewnątrz zaś punkty, do których (i z których) taka informacja (lub oddziaływanie) dotrzeć do nas nie może z *zasady*. Mogłoby to oznaczać, że istnieją olbrzymie obszary wszechświata, naszej obserwacji niedostępne.

Czy i jak możliwe są prędkości, większe od światła?

Umysł nie byłby sobą, gdyby nie zechciał podążyć w kierunku przeciwnym, w stronę negacji postulatów STW, równocześnie z nich nie rezygnując. Skonstruował więc tachiony, potencjalne cząstki szybsze od światła.

Jeżeli pojawią się prędkości większe od światła, to koncepcja tachionów pozwala spójnie myśleć na temat takich prędkości, bez odrzucania tego, co już wiadomo o świecie podświetlnym.⁸⁷

Koncepcja tachionów jest dobrym przykładem funkcjonowania umysłu w ogóle, jako swoiście narzucającego się rzeczywistości. Nie będę tej koncepcji prezentował w całości, także ze względu na potrzebę zaangażowania matematyki (czego w tej książce unikam), podam tylko pewne konsekwencje teorii tachionów.

Tachiony powinny między innymi posiadać następujące właściwości:

1. mogłyby poruszać się *wyłącznie* szybciej od światła. Bariera prędkości światła

⁸⁵ W związku z tym pojawia się pewien problem, nazywany paradoksem EPR (Einsteina, Podolskiego, Rosena). Zgodnie z mechaniką kwantową informacje pewnego rodzaju powinny być przekazywane natychmiastowo, nawet pomiędzy obiektami znajdującymi się na przeciwnych krańcach wszechświata, co wydaje się być sprzeczne z STW.

⁸⁶ Sytuacja byłaby wtedy podobna do wymyślonej przez Isaaca Asimowa (autora powieści *science fiction*, w tym cyklu "Fundacja") koncepcji podróży przez "nadprzestrzeń". Odbywa się ona pozaświadcem, momentalnie, nie daje się doświadczać, jej fazy nie są obserwowalne, i kończy się w momencie powrotu do świata podświetlnego. Ale to przecież *science fiction*. W nowożytnej fizyce, pozostającej na uwięzi metody hipotetyczno-eksperymentalnej, tego rodzaju zjawiska nie da się pomyśleć.

⁸⁷ We wrześniu 2011 pojawił się komunikat o wynikach eksperymentu, w którym być może stwierdzono większą od światła prędkość neutrin. W listopadzie 2011 opublikowano wyniki badań kolejnych, potwierdzających wcześniejsze. Nie należy jednak sądzić, że fizycy przyjmują je bezkrytycznie.

byłaby dla nich nieprzekraczalna, tyle że od strony prędkości nadświatlnych,

2. poruszałyby się w czasie wstecz, odwrotnie do kierunku klasycznej strzałki czasu, przybывая z przyszłości,

3. ich masa spoczynkowa byłaby wyrażona liczbą urojoną, co może nie mieć żadnego sensu fizycznego.

Tachiony, zderzając się z cząstkami podświatlnymi, traciłyby energię, co w ich przypadku prowadziłoby do zwiększenia prędkości (a nie do zmniejszenia, jak to się dzieje w świecie podświatlnym).

Istnieje hipoteza, sformułowana jeszcze przed wynikami wspomnianego w przypisie eksperymentu, według której tachionami mogą być neutrino. Jednak wyniki pewnych innych eksperymentów wskazują na to, że neutrino posiadają bardzo niewielką masę realną, której tachiony nie powinny posiadać.

Gdyby ostatecznie potwierdziły się wspomniane wyniki eksperymentów z neutrino,⁸⁸ przekraczającymi prędkość światła (aktualnie nie wiadomo, czy eksperymentatorzy nie popełniają jakiegoś błędu systematycznego lub czy błędnie nie interpretują uzyskanych wyników), prostomyślna fizyka współczesna, ugruntowana w teoriach względności, znajdzie się w niewyobrażalnych tarapatkach. Nie widać żadnych dróg wyjścia z ewentualnego impasu. Może trzeba byłoby wtedy pogłębić nasze pojmowanie natury wiedzy, bazując na czymś podobnym do rozwijanej tutaj *meta-fizyki*?

Ogólna teoria względności (OTW)

Ukoronowaniem fizyki makroświata (dlaczego makroświata? - o tym w następnym rozdziale) jest ogólna teoria względności.

Ogólna teoria względności (OTW) jest teorią prostą. Skomplikowany może wydawać się tylko aparat matematyczny, w którym została sformułowana, a także jej pewne, nie intuicyjne konsekwencje interpretacyjne.

Moment zrozumienia

Einstein tak oto opisuje moment, w którym dotarł do OTW: „Siedziałem sobie właśnie w biurze patentowym w Bernie, gdy nieoczekiwanie przyszła mi do głowy pewna myśl: człowiek spadający swobodnie nie będzie odczuwał własnego ciężaru. Byłem doprawdy wstrząśnięty. Ta prosta myśl wywarła na mnie ogromne wrażenie i stała się impulsem do

⁸⁸ Gdy przygotowuję tę książkę do publikacji (marzec 2012), to już wiem, że te wyniki były skutkiem błędu systematycznego, popełnianego w pomiarach predkości.

stworzenia teorii grawitacji.⁸⁹ I znowu zrealizował się w umyśle Einsteina "cud zrozumienia".

Czy można sądzić, że Einstein zdał sobie w tym momencie sprawę z braku jakiegokolwiek racjonalnej przesłanki dla wyróżniania układów inercjalnych w fizyce? Z tego, że nie istnieje jakikolwiek absolutny układ odniesienia nie tylko dla światła (spoczywający eter), ale także dla materii (ruch jednostajny i prostoliniowy)?

Istota OTW

Przyjrzyjmy się bliżej źródłom OTW.

W mechanice klasycznej występują dwie niezależne definicje masy, jedna związana z II zasadą dynamiki (jest to tzw. masa bezwładna), i druga, związana z prawem grawitacji (masa grawitacyjna). Masy te okazują się proporcjonalne; wprowadzając odpowiednią wartość stałej grawitacji można było je uczynić liczbowo równymi i oznaczyć jednym symbolem. Po takim zabiegu nie stały się jednak tymi samymi wielkościami mechaniki klasycznej.

W związku z nieprzywiedlnością pojęciową jednej masy do drugiej występują w mechanice klasycznej wyróżnione układy odniesienia (układy inercjalne).

Einstein, postulując fizyczną tożsamość masy bezwładnej i grawitacyjnej, znosi uprzywilejowanie układów inercjalnych, zastępując zasadę równoważności tych układów ogólną zasadą równoważności układów dowolnych, w tym poruszających się z przyspieszeniem i spoczywających w polach grawitacyjnych.

Ze względu na tożsamość mas bezwładnej i grawitacyjnej nie ma żadnego kryterium, pozwalającego wyróżnić jakikolwiek układ odniesienia.

Tożsamość masy bezwładnej i grawitacyjnej przejawia się tym, że układy poruszające się z przyspieszeniem i układy spoczywające w polu grawitacyjnym są fizycznie nieodróżnialne, tzn. nie istnieje eksperyment, z pomocą którego – przebywając w laboratorium „bez okien”, na przykład w zamkniętej kapsule, do której nic z zewnątrz nie dociera, znajdującej się gdziekolwiek - moglibyśmy rozstrzygnąć, czy poruszamy się z przyspieszeniem lub spoczywamy w polu grawitacyjnym, a także czy poruszamy się jednostajnie i prostoliniowo lub swobodnie spadamy w jednorodnym polu grawitacyjnym. Takie rozstrzygające eksperymenty, zgodnie z OTW, nie istnieją z zasady.

Fakt braku jakiegoś wyróżnionego układu odniesienia pozwala przenieść punkt ciężkości z układu odniesienia na jego czasoprzestrzenne środowisko, zależne od rozkładu masy i energii. Okazuje się przy tym, że czasoprzestrzeń będzie zakrzywiona.

⁸⁹ Alice Calaprice, *Einstein w cytatach*, op. cit.

Dlaczego Einstein bezgranicznie wierzył w poprawność OTW?

Einstein był tak pewny swego, że na pytanie studentki zadane w związku z ekspedycją z 1919 roku, której celem miała być empiryczna weryfikacja przewidywań ogólnej teorii względności, dotyczących odchylenia światła w polu grawitacyjnym Słońca, co by powiedział, gdyby owe przewidywania się nie potwierdziły, odrzekł podobno: „Byłoby mi wtedy żal Pana Boga. Moja teoria i tak jest słuszna”.

Dlaczego Einstein mógł tak powiedzieć? Może dlatego, że teoria ta była wewnętrznie spójna, logicznie niesprzeczna, ogarniała to wszystko, co dotąd wiedzano o ruchu mechanicznym, wychodząc poza granice tej wiedzy i do granic możliwości wykorzystywała właściwości umysłu, pragnącego rozumieć.

OTW jest teorią spójną, prostą, piękną i zupełną, a ponadto ugruntowaną w empirii bezpośredniej i tam sprawdzalną. Umysł nowożytnego fizyka, stając na wprost przyrody i pragnąc ją zrozumieć, nie tylko że nie może liczyć w dziedzinie wiedzy, dotyczącej ruchu mechanicznego ciał makroskopowych, na nic więcej, lecz być może także niczego więcej nie jest ze swej natury w stanie tu osiągnąć. Osadził nas bezwiednie w "umysłowym matrixie", z którego nie jesteśmy w stanie się wydostać, przynajmniej metodą barona Munchausena, metodą samoczynnego wyciągania się za włosy z bagna.

To, że OTW być może będzie uznawana za teorię poprawną nawet przez następne tysiąc lat, wcale jednak nie musi świadczyć o tym, że poprawnie odzwierciedla rzeczywistość, lecz może świadczyć jedynie o tym, że umysł wyczerpał w jej konstrukcji wszystkie swoje możliwości ujmowania świata ruchu mechanicznego.

Być może w OTW zrealizował się raczej rzadki i szczególny przypadek, kiedy to wydobyty, szczególny fragment świata fizyki zagospodarował dogłębnie i wszechstronnie całość rozumu, aż po jego dialektyczne krańce. To szczęśliwy traf. Jednak z drugiej strony mamy pewne zamknięcie: nic ogólniejszego nie da się raczej pomyśleć o (makroskopowej) grawitacji, przynajmniej tej, jaką znamy od czasów Newtona. Ale to tylko pewna hipoteza.

Wszechświat a umysł

Myśląc wszechświat człowiek średniowiecza mógł sobie wyobrazić go jako na przykład skończoną, płaską powierzchnię, zamkniętą półsferą gwiazd stałych. Znana jest rycina, na której przedstawiono wędrowca, który doszedł do krańca ziemi i, przebiwszy głową niebieski firmament, z ciekawością przygląda się wnętrzu niebios. Nie matematyczna myśl średniowiecza, przed Giordano Bruno, Pascalem i Newtonem, zapewne nie potrafiła rozszerzyć nawet płaskiego wszechświata do nieskończoności. Myśląc wszechświat

człowiek średniowiecza mógł go sobie wyobrazić na podobieństwo półmiska zamkniętego od góry kloszem sfery niebieskiej. Gdy sądził, że wie, jak jest, to mentalnie żył pod tym kloszem, w pewnym umysłowym matriksie.

Po Newtonie przestrzeń można było wyobrazić sobie jako nieskończoną i niezależną od czegokolwiek. Koncepcja absolutnych przestrzeni i czasu zrodziła się w umyśle, lokalnie, w naszym układzie słonecznym i zapewne nijak się miała do rzeczywistości w skali globalnej.

Można tu przywołać cytowane już stwierdzenia Władysława Natansona, że "nasze pojęcia nie mówią o porządku istniejącym w Naturze; mówią o porządku, który ażeby móc myśleć o niej, narzucamy Naturze." Przy czym "własne narzędzia, pomoce, własne utwory i wizje myśl ludzka, nieopatrzna i płocha, stroi ułudą istnienia i przerzuca do rzeczywistości."

Mogło więc się zdarzyć, że myślący czas i przestrzeń zwolennik mechaniki Newtona żył mentalnie w pustym, euklidesowym, nieskończonym wszechświecie, jednorodnym i izotropowym, gdzieś tylko urozmaiconym (upstrzonym) masami punktowymi, którego środek był wszędzie, a powierzchnia nigdzie. Najbardziej nawet wytrwały wędrowiec nie mógłby dojść do krańców wszechświata, gdyż zawsze byłby od nich równie odległy.

I w końcu powstała ogólna teoria względności, w ramach której okazało się, że czasoprzestrzeń jest zakrzywiona i jej geometria zależy od rozkładu mas i energii. Czy można w jakikolwiek prosty sposób, bez zaangażowania matematyki, wyobrazić sobie źródła i naturę tego zakrzywienia? Spróbujmy.

Wyobraźmy sobie laboratorium bez okien, o kształcie na przykład długiego wagonu kolejowego, swobodnie spadające (kołami w dół) w polu grawitacyjnym na powierzchnię Ziemi. Każde z ciał, umieszczonych wewnątrz tego laboratorium, będzie niezależnie zmierzać w kierunku środka Ziemi. Ustalmy uwagę na dwóch ciałach, znajdujących się na przeciwległych krańcach wagonu. Cóż zauważymy? Otóż ciała te, spadając swobodnie, ze względu na sferyczną symetrię ziemskiego pola grawitacyjnego będą się do siebie zbliżać, bez jakiegokolwiek widocznej od strony wewnętrznej przyczyny. Na przeciwległe krańce wagonu będą także działać siły, ściskające nasz wagon. Ponieważ jednak znajdujemy się w laboratorium bez okien, a zgodnie z ogólną zasadą równoważności nie istnieją zjawiska, które pozwoliłyby nam od wewnątrz stwierdzić, czy na przykład poruszamy się jednostajnie i prostoliniowo czy spadamy swobodnie w polu grawitacyjnym, przyjąć musimy, że wewnątrz naszego laboratorium coś dziwnego dzieje się z przestrzenią: sprawia ona wrażenie zakrzywionej.

Rozciągnijmy teraz nasz wagon we wszystkich kierunkach do nieskończoności, w

kulisty Wszechświat bez okien, którego "środek jest wszędzie, a powierzchnia nigdzie" (Pascal), umieścimy w nim wiele ciał i realnych laboratoriów (już z oknami) we względnym ruchu lub spoczynku, w tym naszą Ziemię, Słońce, inne planety, gwiazdy, galaktyki, itd. Utrzymując nasz sposób dotychczasowego myślenia (i wprowadzając dodatkowo założenia szczególnej teorii względności) zauważymy, że czasoprzestrzeń naszego wszechświata jest zakrzywiona, a to zakrzywienie zależy będzie od rozkładu mas i energii ($E=mc^2!$). Wykorzystując zaawansowaną matematykę (w tym nieeuklidesową geometrię Riemanna) i przyjmując różne założenia na temat rozkładu mas i energii możemy rozważyć problem skończoności czy ograniczoności wszechświata, pytając na przykład o to, czy wszechświat za sprawą zakrzywienia czasoprzestrzeni domyka się w (czterowymiarową) kulę, czy pozostaje otwarty.

Wiadomo także, że nasz tak myślany Wszechświat rozszerza się; świadczą o tym wyniki pewnych eksperymentów. Co więcej, rozszerza się w sposób anomalny, nie dający się wyjaśnić w ramach wiedzy, dotyczącej empirycznie stwierdzanej zawartości wszechświata. W związku z tym postuluje się istnienie dodatkowej materii i energii, obiektów nie wykrywalnych bezpośrednio, stąd nazywanych "ciemnymi". Ciemna energia i ciemna materia stanowiąc powinny razem ok. 96 % całej energii i materii Wszechświata! Może powstać pytanie, czy obiekty te nie zostały wprowadzone w fizykę *a priori*, podobnie jak kiedyś wprowadzono eter czy cieplik, po to głównie, by zachować zrozumiałość Wszechświata, ugruntowaną w teoriach względności?

W ramach ogólnej teorii względności stworzono kilka modeli wszechświata, w tym modele wszechświata stacjonarnego, rozszerzającego się i pulsującego.

Nie sposób wyobrazić sobie czterowymiarowej czasoprzestrzeni na podobieństwo naszej "zwykłej" przestrzeni. Pragnąc jednak jakoś zobrazować swoje idee fizycy posłużyli się pewnym uproszczonym obrazem. Wyobraźmy sobie kulę i wędrowca, poruszającego się po jej powierzchni. Załóżmy, że idzie on prosto przed siebie. Ze względu na odpowiednie zakrzywienie powierzchni kuli może on tym sposobem dotrzeć do miejsca, z którego wyszedł. Jego wszechświat będzie nieskończony (gdyż, idąc przed siebie, nigdy nie osiągnie kresu wędrówki), lecz ograniczony (gdyż zawsze będzie zamknięty na powierzchni kuli, ostatecznie docierając do miejsca, z którego wyszedł i powtarzając wielokrotnie całą wędrówkę). Jednakże kula może się rozszerzać. Jej zakrzywiona powierzchnia (obrazująca nasz wszechświat) będzie wtedy także się zwiększać. Nasz wędrowiec będzie miał więc coraz to większą drogę do przebycia. I może się zdarzyć, że jego wszechświat z ograniczonego przekształci się w nieograniczony, gdyż, poruszając się ze skończoną prędkością, nigdy już nie dojdzie do punktu, z którego wyszedł.

Oczywiście wszystko to jest o wiele bardziej złożone. W istocie mamy do czynienia z odpowiednimi równaniami matematycznymi a nie prostymi wyobrażeniami. Ale czy nadal

nie jest tak, że "własne narzędzia, pomoce, własne utwory i wizje myśli ludzka, nieopatrzna i płoża, stroi ułudą istnienia i przerzuca do rzeczywistości."? Czy nie jest tak, że myśląc naukowo wszechświat zamykamy się mentalnie w pewnego rodzaju umysłowym matrixie? Czy nie żyjemy mentalnie zamknięci w swoich umysłach, myśląc czas i przestrzeń na miarę ich właściwości i miarę pewnych lokalnie stwierdzanych faktów empirycznych?

Współcześni fizycy skłonni są myśleć, że swoimi teoriami odzwierciedlają wszechświat. Że obiektywnie wszechświat jest taki, jak to przedstawia teoria względności. Jednakże nie musi tak być. Można sensownie pomyśleć, że nasz Wszechświat, jakim go - naukowo - postrzegamy i myślimy, jest w pewnej mierze dziełem naszych umysłów, konstruktywnie i na własną miarę ogarniających lokalne zjawiska ruchu i uogólniających je we Wszechświat globalny. Świat kosmologii, wydobyty z rzeczywistości "w sobie", niekoniecznie byłby wtedy tożsamy z rzeczywistością Kosmosu, niezależną od naszego usytuowania i natury swoiście ludzkiej świadomości.

Władysław Natanson pisał: „Poznaliśmy lepiej świat zjawisk i rozumiemy bez porównania jaśniej aniżeli myśl grecka, że krążymy po jego powierzchni, że go nie przenikamy, kołysani o nim wciąż opowieścią.”[s. 116] Jednakże może jest tak, że ta nasza opowieść, gdy poprawnie skonstruowana, w części przynajmniej jest prawdziwa?

11. Forma związku makro i mikroświata fizyki

Wstępnie o związku świata makro i mikro

Rozróżnienie na mikroświat i makroświat staje się możliwe, gdy założymy, że źródłem wtórnych jakości zmysłowych, umożliwiających naoczność, są wzajemne oddziaływania nie-naocznych mikroobektów.

Obiekty makroskopowe oglądamy bezpośrednio; są dane "naocznie" (na przykład ten oto kamień przydrożny, ale także makrocząstka, oglądana przez mikroskop elektronowy). Mikroobiekty (na przykład elektron) nie są oglądalne bezpośrednio, lecz przejawiają się w makroświecie.

Ciała makroskopowe, takie jak przysłowiowy kamień przydrożny, są przez fizyków pozbawiane wtórnych jakości zmysłowych siłą abstrahującego umysłu, z wykorzystaniem matematyki. Jeżeli założyć, że matematyka jest swobodnie rozwijaną przez umysł teorią pierwotnych jakości zmysłowych, to okaże się ona wtedy "tworzywem własnym" odpowiednich teorii makroskopowych (np. mechaniki klasycznej). Jednakże, po dokonaniu takiej abstrakcji, realne ciała nadal posiadają jakości wtórne; nie posiadają ich jedynie obiekty odpowiedniej teorii. Powstaje potrzeba sprowadzenia jakości wtórnych ciał realnych do jakości pierwotnych pewnych (mikro)obektów, co jest możliwe wyłącznie na poziomie nieobserwowalnym bezpośrednio, i "wywiezienia" tych mikroobektów, w ich zjawiskowych przejawach, biorących się z wzajemnego oddziaływania, na poziom makroskopowy, w dziedzinę pozbawionego jakości wtórnych przedmiotu teorii makroskopowej (np. mechaniki klasycznej).

Atomizm naiwny i współczesny

Na jakie bariery w związku z koncepcją atomu, najmniejszego, dalej już niepodzielnego, ziarna materii, natykali się 19-wieczni fizycy? Claude Pouillet pisał (por. A.K. Wróblewski, *Historia fizyki*, op. cit.): „Pojęcie atomów ciał przedstawia cokolwiek trudności. Gdyby ten wyraz oznaczał coś oderwanego, możnaby go określić, jak określamy graniastosłup, kulę i w ogóle formy geometryczne; lecz on oznacza przedmiot rzeczywisty; aby go więc określić, trzeba by go znać i powiedzieć co to jest takiego. Z drugiej strony znowu przedmiot ten jest tak mały, że się go ani dotknąć, ani go zobaczyć, ani żadnym zmysłem dostrzec nie możemy. Jakże więc określić przedmiot niedotykalny, niewidomy, nie dający się pojąć, którego ani kształtu, ani wielkości, ani sposobu istnienia nie znamy? Nie można mu dać określenia geometrycznego, gdyż nie jest abstrakcją, ani też fizycznego, skoro go nie znamy”

Pouillet tłumaczy następnie, że rozdrabniając ciała, na przykład w móździerzu,

otrzymujemy cząstki coraz drobniejsze w coraz większej ilości oraz:

„...pojmujemy, że po najdelikatniejszych cząsteczkach, jakie możemy uważać [dostrzegać - RM], mogą być jeszcze inne, zwane nieskończenie małe, jako niedostępne dla naszych zmysłów, które układając się porządkiem i łącząc tworzą cząsteczki dające się już dostrzegać. Te cząstki zasadnicze, pierwiastki składowe cząstek uważalnych [dostrzegalnych - RM], są właśnie atomami ciał...”

Atomizm naiwny zakłada, że wszystko składa się z niepodzielnych atomów, do których moglibyśmy dotrzeć, dzieląc ciało makroskopowe (lub rozdrabniając je) na coraz to mniejsze części. Przy czym *implicite* przyjmuje się, że atomy te nadal posiadają, tak jak wyjściowe ciało makroskopowe, wtórne jakości zmysłowe, takie jak kolor czy zapach, wprawdzie nie odbierane bezpośrednio ze względu na próg wrażliwości odpowiednich narządów zmysłowych, jednakże istniejące, co można byłoby wykazać, usypując z tych atomów barwny i pachnący stos.

Wiadomo, że pierwsze koncepcje atomistycznej budowy materii powstały już w starożytności. Na przykład według Demokryta: „Naprawdę istnieją tylko atomy i próżnia, a słodycz i gorycz, ciepło i barwy są subiektywne; mniema się i wyobraża, że istnieją postrzegane własności, tymczasem nie istnieją, a istnieją tylko atomy i próżnia”.⁹⁰

Własności zmysłowe były dla Demokryta subiektywne, miały jednakże pewną podstawę w teksturze atomów. I tak np. białe przedmioty miały być złożone z gładkich atomów, czarne z szorstkich i nierównych. Nie sposób jednak sobie wyobrazić tego rodzaju uwarunkowań całego spektrum występujących kolorów.

Atomy Demokryta same w sobie nie posiadały żadnych wtórnych jakości zmysłowych. Atom gładki nie był biały; atom szorstki i nierówny nie był czarny, choć mogło być tak, że stosy usypane z takich atomów były białe lub czarne. Ostatecznie jednak Demokryt nie doszukiwał się źródeł jakości wtórnych na zewnątrz, w świecie materialnych atomów. Teoria subiektywności wtórnych jakości zmysłowych wystąpiła u niego od razu w skończonej postaci.

Atomy Demokryta mogły łączyć się w większe całości. Dla opisu wzajemnych oddziaływań atomów Demokryta moglibyśmy współcześnie wykorzystać na przykład mechanikę klasyczną i matematykę, sprowadzając te atomy do granicznie małych, posiadających masę, brył geometrycznych, bez struktury wewnętrznej, oddziałujących ze sobą nie tylko grawitacyjnie, ale także swoiście, anizotropowymi "siłami atomowymi". Zauważmy jednak, że definiując na sposób Demokryta te najmniejsze ziarna materii zamknęlibyśmy sobie możliwość fizykalnego wyjaśnienia zjawisk takich, jak barwa ciała, jego smak czy zapach, kolor emitowanego światła, itp.; trzeba byłoby przyjąć, że jakości

⁹⁰ Wg Władysława Tatarkiewicza, *Historia filozofii*, PWN W-wa 1970, t.1, s. 37

te są całkowicie subiektywne. Mielibyśmy tu do czynienia z prostym abstrahowaniem od jakości wtórnych, zaś jakości te brałyby się wyłącznie z naszego biologicznego wnętrza. Można by rzec, że Demokryta teoria subiektywności jakości zmysłowych niewiele odbiega od analogicznej teorii nowożytnej.

Tymczasem wiadomo, że odpowiednio manipulując obiektami makroskopowymi możemy wpływać na zmysłowe jakości wtórne. Na przykład podgrzewając jakieś ciało możemy doprowadzić je do świecenia, a także do zmiany barwy. Fizyka nowożytna przyjęła założenie, że przyczyną wrażeń zmysłowych jest oddziaływanie materii na narządy zmysłowe. Pragnąc przy tym wyeliminować z fizyki wtórne jakości zmysłowe przyjmuje się, że ich natura powinna zostać wyjaśniona wzajemnym oddziaływaniem mikroobektów, jakości wtórnych nie posiadających.

Współczesny odpowiednik atomów Demokryta, jeżeli usypany z nich stos miałby być barwny i pachnący także za sprawą właściwości samej materii, a nie tylko naszej konstrukcji biologicznej, musiałby posiadać wewnętrzną strukturę, zawierającą oddziałujące mikroobiekty, same nie posiadające już wtórnych jakości zmysłowych, lecz przyczyniające się do ich zaistnienia. I w tym kierunku podążyła fizyka współczesna. Jednym z pierwszych był Niels Bohr, podając w 1913 roku swój model atomu i wprowadzając odpowiednie, nieklasyczne reguły kwantowe.

Aktualnie, jak pisał David Park: "Żadna z wielkości, występujących w dzisiejszych podstawowych teoriach fizycznych, nie jest obserwowalna zmysłowo."⁹¹

Realność mikroobektów

Czy i jak te nie-"naoczne" mikroobiekty, pozbawione wtórnych jakości zmysłowych, są realne?

Czym jest na przykład elektron? Czy moglibyśmy go zaobserwować bezpośrednio, poza jego oddziaływaniem z czymkolwiek? Jest oczywiste, że taki mikroobekt "w sobie i dla siebie", z niczym realnym nie oddziałujący, nie mógłby zostać w ogóle zaobserwowany. Ale też nie byłby on fizyce do niczego potrzebny. Jako składnik atomu musi on oddziaływać z jego innymi składnikami, po to między innymi, by swoje istnienie jako obiektu fizyki mógł przejawiać wygenerowanym światłem. I tak naprawdę konstytuuje się on jako uprawniony obiekt fizyki w kontekście naszej wiedzy o jego oddziaływaniach.

Poznający podmiot, wychodząc od empirii bezpośredniej, tak konstruuje nie-"naoczne" mikroobiekty fizyki (wykorzystując w tym na przykład matematykę i mechanikę), by - oddziałując ze sobą i z innymi obiektami fizyki - były one wykrywalne na poziomie

⁹¹ Wg: James Gleick, *Geniusz...*, op. cit., s. 368

eksperymentu makroskopowego, gdzie odpowiednie hipotezy, dotyczące natury mikroobiekту, mogłyby zostać sprawdzone.

W odniesieniu do mikroobiekту można byłoby powiedzieć, parafrazując Kanta, że 'ogólne warunki możliwości eksperymentu makroskopowego, dotyczącego właściwości nie-"naocznego" mikroobiekту, są zarazem warunkami możliwości przejawiania się na poziomie makro samego mikroobiekту, odpowiednio określonego, jako uprawnionego obiektu fizyki.'

I tak elektron ujawnił swoją obecność (przełom XIX i XX w.) w oddziaływaniach, pozwalających go dostrzec w różnorodnych eksperymentach z tzw. promieniami katodowymi. Jako taki musiał posiadać takie właściwości, że mógł oddziaływać z innymi mikroobiekтami w sposób, umożliwiający pewne efekty obserwowalne w makroskopowym układzie eksperymentalnym.

Załóźmy, że wykonaliśmy całą serie różnych eksperymentów z elektronami, badając ich odchylenie się w polach elektro-magnetycznych, oddziaływanie z atomami i molekułami, oddziaływanie ze światłem, itd. Na podstawie tak uzyskanej wiedzy nasz elektron, w odniesieniach do różnych układów eksperymentalnych, nabrał wielorakich właściwości. Możemy teraz zbudować układ, w którym przejawia się wiele z tych niezależnie określonych właściwości równocześnie. Dobrym przykładem takiego urządzenia mógłby być mikroskop elektronowy, jako konglomerat wielu "kantowskich" układów eksperymentalnych.

Eksperyment dotyczący właściwości mikroobiekту jest zrozumiałą jednością warunków eksperymentu i przedmiotu eksperymentu. Często jednak prostomyślnie przyjmuje się, że na przykład elektron istnieje obiektywnie i niezależnie, poza jakimikolwiek układami eksperymentalnymi, jako kęs materii, podobny w tym do kamienia przydroźnego. Tymczasem, jako obiekt fizyki, jest on wynikiem poznawczego sprzężenia człowieka z przyrodą. Nie znaczy to jednak, że jest czystą konstrukcją naszych umysłów, całkowicie niezależną od rzeczywistości przyrodniczej. Rzeczywistość zapewne się nim jakoś przejawia.

Jak wiadomo, z czasem stwierdzono, w podobny sposób, inne jeszcze właściwości tego samego obiektu (elektronu), jako uzyskiwanego w ten sam sposób, za pomocą na przykład „działa elektronowego”. Stwierdzono na przykład, że posiada on spin i moment magnetyczny, a także naturę falową (np. dyfrakcja na kryształach) i specyficzne zachowuje się we wnętrzu atomów (np. niedeterministycznie „przeskakując” z orbity na orbitę).

Ze względu na tę różnorodność swoich eksperymentalnych przejawów obiekt "wystrzeliany z działa elektronowego", nazywany elektronem, został wydobyty przez

umysł z poszczególnych kontekstów eksperymentalnych, jako samodzielnie nie wyczerpujących jego istoty, i uogólniony w samoistny obiekt fizyki. Każda zaawansowana, ogólna teoria elektronu, stworzona przez rozum, wedle jego własnej inicjatywy i na miarę swoich właściwości, musiała odtąd wyjaśniać wszystkie te właściwości elektronu, jako obiektu samoistnego, i w oderwaniu od eksperymentów konkretnych. Stwarza to pozór obiektywnego, niezależnego istnienia elektronu. Tymczasem elektron zawsze pozostaje na uwięzi eksperymentów makroskopowych, przeprowadzanych w przestrzeni empirii bezpośredniej, przez człowieka, usytuowanego w fizycznym laboratorium.

Teorie fenomenologiczne a jakości zmysłowe

Na poziomie makroświata formułowane są także różnego rodzaju teorie fenomenologiczne, całościowo i spójnie ogarniające pewne jednorodne zjawiska, bez wnikania w ich głębsze przyczyny. Z teorii takich nie eliminuje się wtórnych jakości zmysłowych metodą omówionej powyżej redukcji mikroobektowej, nie abstrahuje się także od nich w sposób, znany z mechaniki, lecz podejmuje się próby ich obiektywizacji, skonstruowaniem odpowiednich przyrządów pomiarowych. Na przykład w przypadku termodynamiki fenomenologicznej jakości wtórne takie jak temperatura czy ciepło obiektywizuje się odpowiednio skonstruowanym przyrządami: termometrem i kalorymetrem (stosując w tym drugim przypadku zasadę bilansu cieplnego). Możliwe staje się wtedy także efektywne wykorzystanie matematyki.

Jak twierdzi A.K. Wróblewski w swojej *Historii fizyki* to właśnie matematyzacja termodynamiki fenomenologicznej pozwoliła na usunięcie z teorii zjawisk cieplnych apriorycznie wprowadzonego tam cieplika.

Innym przykładem jest rozwój elektro-magnetyzmu przed Maxwellem, gdzie na bazie wyjściowych zjawisk, związanych z właściwościami bursztynu i magnetytu, po kilku wiekach aktywnego wnikania w naturę odpowiednich zjawisk, co wiązało się także z budową różnorodnych przyrządów pomiarowych (np. elektrometr, galwanometr, woltomierz,...), zobiektywizowano percepcję zjawisk elektro-magnetycznych, co umożliwiło ich matematyzację (np. Ampere). Wcześniej wykorzystywano na przykład własne ciało do pomiaru wielkości ładunku elektrycznego, doświadczając wstrząsów różnej wielkości przy dotykaniu ciał naładowanych.

Fenomenologiczny elektro-magnetyzm obywat się bez redukcji mikroobektowej, przynajmniej do czasu, gdy wykryto elektron jako materialny nośnik elektryczności. *Aprioryczne* ziarna fluidu elektrycznego mogły zostać zastąpione realnie wykrywalnymi, naładowanymi ziarnami materii.

W przypadku teorii fenomenologicznych bezpośrednia naoczność często realizuje się

za pośrednictwem przyrządu pomiarowego, transformującego inne odczucie zmysłowe (np. temperaturę czegoś) w elementarne zależności czaso-przestrzenne (np. w zmienną wysokość słupka rtęci w termometrze).

Powstaje jednak przy tym pewne napięcie poznawcze, biorące się w przypadku teorii fenomenologicznych z braku dobrego wyjaśnienia sposobu funkcjonowania przyrządów pomiarowych, zastępujących zmysły, i prowadzące ostatecznie w kierunku teorii podstawowej. *Implicite* zakłada się, że przedmiot teorii fenomenologicznej, w przeciwieństwie do przedmiotu podstawowej teorii makroskopowej, takiej jak na przykład mechanika klasyczna czy STW lub OTW, ma umocowanie w głębszej, mikroskopowej rzeczywistości fizycznej.

Jak umysł wnika do wnętrza "czarnej skrzynki"?

Einstein porównywał fizykę do wysiłków człowieka, który próbuje zrozumieć budowę zamkniętego zegarka. Może on skonstruować model wyjaśniający rytmiczne tykanie i ruch wskazówek, ale nigdy nie ma pewności, że model zgadza się z rzeczywistością. "Człowiek ten może wierzyć w istnienie idealnej wiedzy, do której zbliża się ludzki umysł - powiedział Einstein. - Tę idealną granicę mógłby on nazwać prawdą obiektywną."⁹²

Wprowadźmy pojęcie „czarnej skrzynki” jako obiektu fizyki, którego zewnętrzny sposób funkcjonowania jest znany, nieznane zaś jest jego wnętrze. Można podać kilka przykładów: 1. cylinder z tłokiem jako obiekt makroskopowy wypełniony gazem, podległy empirycznemu równaniu Clapeyrona, przed sformułowaniem teorii gazu doskonałego, 2. atom wczesnych chemików, zachowujący się w całości w reakcjach chemicznych, dodatkowo emitujący światło, o nieznanym budowie wewnętrznej przed wykryciem elektronów i nukleonów, 3. proton przed wykryciem kwarków, itp.

Czarną skrzynką, której sposobu funkcjonowania nie rozumiemy, w pewnym sensie jest także mikroświat, jako podległy mechanice kwantowej. Nie docieramy do wnętrza tej "skrzynki" (np. nie powiodły się próby Davida Bohma wprowadzenia tzw. "parametrów ukrytych" w podstawy mikroświata).

Fizyka, mając do czynienia z czarną skrzynką, tzn. dostrzegając pewne niejednorodne właściwości badanych obiektów, domagające się głębszego wyjaśnienia na gruncie jednorodnej wiedzy o ich wnętrzu, zmierza w kierunku sformułowania teorii podstawowej, wyjaśniającej zewnętrzny sposób funkcjonowania „skrzynki”, na podstawie wiedzy o obiektach i mechanizmach wewnętrznych.

Przed wykryciem elektronu i jądra atomowego można było na różne sposoby

⁹² Wg: James Gleick, *Geniusz. Życie i nauka Richarda Feynmana*, op. cit., s. 438

wyobrażać sobie mechanizm odpowiedzialny za emisję światła przez atom, zakładając na przykład, że w jego wnętrzu występuje superpozycja stojących fal elektromagnetycznych, uwalnianych w szczególnych sytuacjach, na przykład w wyniku zderzenia z innymi atomami. Po ukonstytuowaniu się elektronu i jądra jako obiektów fizyki, składających się na atom, trzeba było podać odpowiednie wyjaśnienie na bazie hipotezy dotyczącej ich wzajemnego oddziaływania w atomie. Wyjaśnienia klasyczne okazały się niemożliwe. Powstaje model atomu Nielsa Bohra.

Założmy, że nieznane jest wnętrze czarnej skrzynki (np. cylindra z tłokiem przed teorią gazu doskonałego, atomu przed wykryciem elektronu i jądra,...). Wiemy tylko, że na poziomie fenomenologicznym nasza skrzynka wykazuje różnorodne właściwości, które chcielibyśmy wyjaśnić teorią jednorodną i głębszą. W jaki sposób wnikamy w jej wnętrze?

Po to, aby zrozumieć niedostępne naocznie wnętrze „czarnej skrzynki”, przed wszystkim innym pragniemy jakoś to wnętrze uczynić poddanym umysłowi (i rozumowi). Wnętrze to, które wstępnie możemy wyobrazić sobie jako zbiór mikrocząstek lub na przykład superpozycję fal stojących, chcemy poddać władzy rozumu. Konkretyzujemy więc te obiekty wewnętrzne na różne możliwe sposoby, formułując różnorodne hipotezy, takie, aby można je było sprawdzić na poziomie makroskopowym, w realnych układach eksperymentalnych.

Chcemy zrozumieć, co się tam dzieje. Obiekty te umiejscawiamy więc wstępnie w newtonowskich czasie i przestrzeni, przypisujemy im jakości pierwotne, co pozwolić może na efektywne wykorzystanie matematyki we wnętrzu "skrzynki", wprowadzamy do jej wnętrza logikę naturalną, przyczynowość i determinizm. Ponadto wstępnie zakładamy, że wszystko, co tam się znajduje, podlega prawom mechaniki klasycznej.

Po drodze może się okazać, że przy innej niejako okazji wykryliśmy niezależnie nie- "naoczne" mikroobiekty, zdające się wypełniać naszą czarną skrzynkę (np. elektrony i protony w przypadku atomu wodoru, realne cząsteczki gazu, wypełniające cylinder z tłokiem, itp.). Musimy je więc wziąć wtedy pod uwagę w naszych hipotezach, dotyczących wnętrza skrzynki.

Przy czym te nasze mikroobiekty mogą posiadać inne jeszcze, nieokreślone dotąd właściwości, ujawniające się dopiero w sytuacji ich związku wewnątrz czarnej skrzynki. I tak elektron w związku z protonem, tworząc atom wodoru, ukazuje pewne nowe, dziwne właściwości, nie wykrywalne w rurkach Geislera, gdzie został ukonstytuowany jako uprawniony obiekt fizyki, niedeterministycznie "skacząc" sobie z orbity na orbitę i emitując (lub pochłaniając) przy tym światło; tak przynajmniej nam się to na początku wszystko to przedstawiało (model atomu Bohra).

Wraz ze sformułowaniem podstaw fizyki kwantowej klasyczny rozum został z

mikroświata częściowo wyparty. Jednakże nie poddał się, konstruuąc różnorodne interpretacje mechaniki kwantowej.

Do wnętrza „czarnej skrzynki” wprowadzamy więc rozum i przekształcamy myślą obiekty wewnętrzne w rytm ich eksperymentalnie stwierdzanych, zjawiskowych manifestacji na poziomie świata makro, odpowiednio do tych manifestacji konkretyzując te obiekty i konstruuąc prawa fizyki mikroświata (na przykład model gazu van der Waalsa). Poruszamy się od teorii fenomenologicznej, poprzez zrozumiałą teorię podstawową, dotyczącą obiektów nie posiadających wtórnych jakości zmysłowych, do empirycznego sprawdzania naszej teorii na poziomie świata makro.

W powyższym kontekście ciekawie przedstawia się pewna rozmowa Einsteina z Ernstem Machem, odbyta w 1911 roku. Mach, jak wiadomo, był nieprzejednanym przeciwnikiem wszelkich koncepcji rzeczywistości, niezbudowanych na bezpośrednio obserwowalnych danych. Einstein chciał przekonać Macha o realnym istnieniu atomów, przeciwko czemu Mach od dawna się opowiadał, mając je za imaginacyjne wytwory ludzkiego umysłu. "Powiedzmy, że dzięki założeniu istnienia atomów w gazie będziemy w stanie przewidzieć obserwowalne właściwości tego gazu, których nie da się przewidzieć na gruncie teorii nieatomistycznej - tłumaczył Einstein. - Czy w takim razie zgodziłby się Pan przyjąć taką hipotezę?" Mach bez entuzjazmu przyznał: "Jeżeli za pomocą tej teorii da się rzeczywiście ustalić związek między kilkoma obserwowalnymi właściwościami, które w innym wypadku pozostałyby izolowane, wówczas powiedziałbym, że ta hipoteza jest <ekonomiczna>."⁹³

Jednakże idzie o coś więcej, niż tylko o ekonomię myślowego ujmowania zjawisk. Idzie także o uwolnienie fizyki od wtórnych jakości zmysłowych, na bazie czegoś rzeczywistego, choć niekoniecznie ujawniającego pełnię swojej natury. Idzie o uprawnione obiekty mikroświata, którym może, lecz nie musi, odpowiadać coś rzeczywistego i niezależnego, przy czym TO rzeczywiste nie musi odpowiadać jakimkolwiek możliwym wyobrażeniom mikroobiekta, na przykład elektronu, gdyż wyobrażenia te zawsze będą "skażone" naszym wyposażeniem poznawczym i usytuowaniem w rzeczywistości.

⁹³ Wg: Walter Issacson, *Einstein....*, op. cit., s. 221

12. Zasada zachowania energii i model gazu doskonałego

W niniejszym rozdziale, jako jedynym w tej książce, prezentuję odpowiednie prawa i zasady w postaci częściowo zmatematyzowanej. Nie jest to zaawansowana matematyka, jednakże może utrudnić niektórym czytelnikom percepcję treści tego rozdziału. Zdecydowałem się na taki krok z dwóch powodów. Przyjąłem, że książka, dotycząca stosunku świata fizyki do rzeczywistości, powinna zawierać jakiś kęs realnej fizyki. Ponadto może okazać się, że jest to rozdział bardzo istotny z punktu widzenia zrozumienia natury fizyki mikroświata, w związku z czym chcę umożliwić bezpośrednią percepcję jego treści fizycznej.

Praca. Wiesz, co to jest. Często jesteś zapracowany, wyczerpany pracą ponad siły, pracujesz codziennie, z większym lub mniejszym efektem, może przed chwilą napracowałeś się, wnosząc ciężar ponad siły na 4-te piętro jakiegoś budynku. Wiesz, że gdy pracujesz fizycznie, to zwykle działasz przeciwko jakimś siłom natury. Gdy jesteś naładowany energią, to łatwiej ci wykonać jakąś pracę. Istnieje więc pewnie jakiś związek pomiędzy energią a pracą. Może da się go zobiektywizować? Zobaczmy, jak ta obiektywizacja została zrealizowana w fizyce.

Praca, mierzona iloczynem efektywnej siły i drogi ($W = F \cdot s \cdot \cos[\alpha]$), ma w mechanice klasycznej dwa różne aspekty.

Ustalmy uwagę na swobodnym ruchu ciał, w polu grawitacyjnym, bez oporu powietrza. Możesz wyobrazić sobie na przykład ruch planet po eliptycznych orbitach lub swobodny spadek ciała w pobliżu powierzchni Księżyca. Pojęcie pracy powiązane jest wtedy z grawitacją i dotyczy obiektów masowych samoistnie poruszających się. Nie występują wtedy siły różne od grawitacyjnej. To ona wykonuje pracę, przemieszczając ciało lub zmieniając jego prędkość.

W swobodnym ruchu w polu grawitacyjnym występuje samoistne przekształcanie się energii kinetycznej w potencjalną (i odwrotnie). Obowiązują dwie zasady: zasada równoważności pracy i energii oraz zasada zachowania energii. W przypadku najprostszym, na przykład swobodnego spadku ciała, zasada zachowania energii ma postać zależności: $mv^2/2 + mgh = \text{constans}$. Ale gdy na przykład ciało upadnie na ziemię z wieży, możesz je odnieść z powrotem na szczyt. Wykonując (czasami ciężką) pracę, przywrócisz ciału (np. kamieniowi) jego utraconą energię potencjalną. Wykonana praca jest wtedy równa energii potencjalnej, którą zrzucony kamień odzyskał, lub energii kinetycznej, którą posiadał, uderzając o ziemię.

Gdy mamy do czynienia ze swobodnym ruchem ciała w polu grawitacyjnym, to pracę

wykonyują siły grawitacji, przekształcając energię kinetyczną w potencjalną (lub odwrotnie), zgodnie z zasadą równoważności pracy i energii, nie zmieniając jednak energii całkowitej ciała. Mówi się, że pole grawitacyjne jest zachowawcze.

Pojęcia takie jak ciepło, opory ruchu, układ termodynamiczny, siły zewnętrzne względem sił pola, są tu bezprzedmiotowe. Nie ma tu jakichkolwiek odniesień do przyczyn poza-grawitacyjnych, na przykład termodynamicznych. Mamy wtedy do czynienia z czysto makroskopowym aspektem pracy.

Z drugiej strony pojęcie pracy możemy wykorzystać w przypadku przemieszczania ciał z udziałem tarcia (i innych oporów ruchu). Wykonana wtedy praca nie musi zmienić ani energii kinetycznej ciała, ani jego energii potencjalnej (przesuwamy na przykład jakiś obiekt jednostajnie po poziomej, nieheblowanej desce). Wykonaliśmy pracę, lecz co z zasadą zachowania energii? Utrzymując zasadę równoważności pracy i energii możemy postulować, że wykonana praca zwiększyła energię *wewnętrzną* przemieszczanego ciała, częściowo zaś energia została rozproszona w otoczeniu. Gdy to ty przesuwalesz ciało, to twoja energia (zdolność do dalszej pracy) mogła zmniejszyć się.

Tym sposobem wnieśliśmy makroskopowo zdefiniowane pojęcie energii do wnętrza pewnej "czarnej skrzynki", nazywanej układem termodynamicznym. Wykonując pracę nad układem wprowadzamy do jego wnętrza energię, którą możemy odzyskać, gdy układ wykonuje pracę. Gdy praca wykonywana jest przez układ, to jego energia wewnętrzna zmniejsza się. Gdy to ty jesteś tym układem, który wykonał ciężką i długotrwałą pracę, to czujesz, że jesteś wyczerpany.

Fizycy posługują się jednym ogólnym wzorem na wyrażenie pracy całkowitej, na przykład takim: $W_{zew} = \Delta E_p + \Delta E_k + \Delta U + E_r$ (praca całkowita wykonana nad układem jest równa przyrostowi energii potencjalnej, kinetycznej i wewnętrznej; trzeba także uwzględnić energię rozproszoną).

Powstaje pewien problem, konstytuujący termodynamikę. Otóż praca, wykonana nad układem, może zwiększyć także jego temperaturę (i odwrotnie), zaś sam układ w zetknięciu z innym może się nagrzewać lub ochładzać. Zjawiska te wpływają na zdolność wykonania pracy przez układ. Tego rodzaju zjawisk nie jesteśmy w stanie zrozumieć na gruncie samych tylko odniesień do mechanistycznie zdefiniowanej zasady zachowania energii.

Wiadomo, że obserwacje i eksperymenty dotyczące zjawisk związanych z ciepłem i pracą doprowadziły do sformułowania I zasady termodynamiki, wiążącej na przykład zmianę energii wewnętrznej układu z pracą wykonaną nad układem i ewentualnym przekazaniem części energii do układu drogą transmisji ciepła. Ma ona postać $\Delta U = Q + W$, gdzie ΔU jest zmianą energii wewnętrznej układu, Q – energią przekazaną do układu

drogą transmisji ciepła, zaś W – pracą, wykonaną nad układem. (Obowiązuje tu pełna symetria: praca może być wykonana przez układ, zaś energia wyprowadzana z układu drogą transmisji ciepła.)

Istotne jest to, że I zasadę termodynamiki zinterpretowano jako zasadę zachowania energii dla układów termodynamicznych, w związku z czym trzeba było przyjąć, że energią jest także to, co zostaje wprowadzone w układ (lub wyprowadzone z układu) drogą transmisji ciepła. Oprócz zasady równoważności pracy i energii dokooptowana zostaje zasada równoważności pracy i ciepła.

Gdy dysponujemy tylko wiedzą przedstawioną powyżej, tzn. mechaniką klasyczną i uogólnioną zasadą zachowania energii w postaci pierwszej zasady termodynamiki, żadne konkretne zrozumienie tego, co dzieje się wewnątrz układu termodynamicznego nie jest jeszcze możliwe. Układ jest przysłowiową czarną skrzynką, której wewnętrzna zasada działania nie jest znana, magazynująca tylko i przetwarzająca energię.

Istotne jest to, że ta "czarna skrzynka" zdolna jest do przetworzenia pracy mechanicznej w ciepło i ciepła w pracę mechaniczną. Możemy w związku z tym zapytać, czy ciepło da się sprowadzić – na bazie ogólnego pojęcia pracy i ogólnej zasady zachowania energii (pierwsza zasada termodynamiki) – do wspólnej płaszczyzny pojęciowej z *nie*-cieplnym (grawitacyjno-dynamicznym) aspektem pracy?

Zauważmy, że ciepło i temperatura są – biorąc źródłowo – wtórnymi jakościami zmysłowymi. To, czym występowanie tych jakości miałyby zostać wyjaśnione, nie może być „ciepłe” (przez co rozumiem, że nie może wymieniać ciepła z innymi obiektami tego samego rodzaju; np. ciepła nie wymieniają między sobą cząstki gazu doskonałego, lecz układy termodynamiczne), ani nie może wykazywać żadnej temperatury (cząstka gazu doskonałego nie posiada bezpośrednio mierzalnej temperatury; temperaturę posiada cały układ).

Chcielibyśmy więc sprowadzić ciepło do czegoś, co ciepłem nie jest, i koresponduje z ogólną zasadą zachowania energii. Jednakże to wszystko, co znajdzie się w podstawie tej wspólnej, jednorodnej „płaszczyzny rozumienia”, nie będzie mogło być doświadczane bezpośrednio jako ciepłe lub zimne.

Chcąc sprowadzić ciepło i makroskopowy ruch mechaniczny do wspólnej płaszczyzny pojęciowej na gruncie najogólniejszej definicji pracy i energii możemy na przykład założyć, że na układ termodynamiczny składają się swoiste mikrocząstki, oddziałujące wzajemnie, oddzielnie zaś nie wykazujące żadnych właściwości cieplnych, podobnych do tych, jakie wykazują ciała makroskopowe.

Musimy wstępnie tak wymodelować wnętrze układu termodynamicznego (np. cylindra z tłokiem), abyśmy mogli w ogóle rozumieć to, co się w jego wnętrzu dzieć może.

Powstaje elementarna teoria wnętrza układu termodynamicznego – teoria gazu, wypełniającego „cylinder z tłokiem”. Wstępnie – by można było rozumieć, co się tam dzieje – zakłada się, że układ tworzą mikrocząstki posiadające masę, poruszające się w newtonowskiej, absolutnej czaso-przestrzeni, podległe mechanice klasycznej. Do wnętrza układu wprowadzony zostaje także klasyczny determinizm. Mikrocząstki te powinny także wykazywać we wzajemnych zderzeniach doskonałą sprężystość, bo przecież – pozostając wyłącznie na gruncie zjawisk cieplnych, które chcemy wyjaśnić – nie możemy równocześnie zakładać, że te mikrocząstki w zderzeniach się nagrzewają, zaś fakt, że same one mogą zmieniać swoją energię wewnętrzną, na przykład emitując lub pochłaniając światło, nie ma na tym etapie rozważań znaczenia. Fizycy tworzący teorię gazu wyodrębnili zjawiska cieplno-mechaniczne i tylko nimi się zajmowali.

Energię wewnętrzną układu może reprezentować całkowita energia mechaniczna tych mikrocząstek.

Ma tu zastosowanie odpowiednio skonkretyzowane twierdzenie Kanta, zgodnie z którym 'ogólne warunki możliwości eksperymentu makroskopowego, dotyczącego wnętrza układu, są zarazem warunkami możliwości przejawiania się na poziomie makroskopowym samego "wypełniacza" tego układu, jako uprawnionego obiektu fizyki.' W przypadku cylindra z tłokiem, tym "wypełniaczem" jest zbiór mechanicznie oddziałujących ze sobą mikrocząstek.

Model gazu doskonałego dotyczy całego zbioru cząsteczek, wypełniającego na przykład cylinder z tłokiem, jako jednorodnej, choć ziarnistej substancji, która jako całość jest tu nadrzędna nad poszczególnymi cząstkami i ona to, a nie pojedyncze cząsteczki, jest tym uprawnionym obiektem fizyki. Dlatego te cząstki jako indywidua mogą być w modelu gazu doskonałego aż tak odrealnione.

Jak ten zrozumiąły, wstępnie *aprioryczny* (połowa XIX wieku; teoria atomistyczna dopiero raczkowała!) "wypełniacz" cylindra z tłokiem kontaktuje się ze światem makroskopowym? Poprzez nieprzenikliwe ścianki cylindra, który może zmieniać temperaturę, wykonywać pracę, przekazywać ciepło.

Powróćmy na poziom makroskopowy. Wykonując wiele eksperymentów, na przykład z cylindrem i tłokiem, powiązanych ze zmianą ciśnienia, temperatury i objętości gazu, można było sformułować fenomenologiczne prawo wiążące ciśnienie z objętością i temperaturą. W najprostszym przypadku ma ono postać następującą: $pV = xt$, gdzie x jest pewnym współczynnikiem proporcjonalności stałym dla danej ilości i rodzaju gazu.

Stan gazowy może być przyjmowany przez wiele różnych substancji chemicznych (badanych niezależnie przez XIX wiecznych chemików). Nie wnikając w mikroskopową budowę gazów – uwzględniając jednakże pewne osiągnięcia ówczesnych chemików –

można było wykazać, że współczynnik x w ogólnym przypadku może zostać zapisany w postaci nkN_{av} , gdzie k jest pewną stałą (nazwaną później stałą Boltzmanna), N_{av} – tzw. stałą Avogadra ($N_{av} = 6,023 \cdot 10^{23}$ /mol) określającą liczbę cząsteczek, postulowaną niezależnie przez chemików, w jednym molu gazu, n zaś – liczbą moli gazu.

Istotne jest to, że po wyodrębnieniu ze współczynnika „ x ” tego, co ustalili chemicy (nN_{av}), pozostał jeszcze pewien współczynnik k niezależny od rodzaju i ilości gazu, wiążący objętość V (jakość pierwotną), ciśnienie p (wielkość możliwą do zdefiniowania jedynie w powiązaniu z pewnymi eksperymentami mechanicznymi) i fenomenologicznie określoną temperaturę t . Ze względu na postulowaną ogólność empirycznego prawa $pV = nkN_{av}t$ współczynnik k mógłby być stałą uniwersalną fizyki. Jednakże uniwersalność tego współczynnika trzeba byłoby wykazać niezależnie, gdyż fakt jego niezmienności dla wielu przebadanych gazów niczego jeszcze nie przesądza.

Powstało pytanie, czy i jak można powiązać „czarno-skrzynkowy” model gazu jako złożonego ze specyficznie skonstruowanych cząstek nieposiadających wtórnych jakości zmysłowych takich jak „ciepłota” czy temperatura, z prawem $pV = nkN_{av}t$ ustalonym empirycznie na poziomie makroskopowym. Byłoby to możliwe, gdyby udało się przypisać cząstkom takie właściwości, które pozwoliłyby na zachowanie uniwersalności stałej k jako niezależnej od rodzaju cząstek modelujących gaz oraz od ich ilości i na określenie wartości stałej k wyłącznie w ramach ogólnego mikroskopowego modelu gazu w taki sposób, aby wartości k – empiryczna i teoretyczna – były w granicach błędu pomiarowego zawsze identyczne.

Rozpatruje się więc niezależnie chaotyczny ruch cząstek zebranych w naczyniu o pewnej objętości V , ograniczonym sprężystymi i nieprzepuszczalnymi ściankami. Cząstki te, uderzając o ścianki, wywierają w swej masie ciśnienie p mierzalne makroskopowo. Można je wszystkie stłoczyć także w mniejszej objętości, co odpowiednio wpłynie na ich ruch (i zwiększenie ciśnienia wywieranego na ścianki). Ruch cząstek można zaś wyrazić poprzez ich średnią energię kinetyczną.

Gdy do tych cząstek stłoczonych w naczyniu z nieprzepuszczalnymi dla nich, doskonale sprężystymi ściankami zastosujemy prawa klasycznej mechaniki makroskopowej, okaże się, że ciśnienie i objętość będą zależęć od tej średniej energii ($pV = bE_{śr}$).

By teraz powiązać makroskopowo określone prawo $pV = xt$ z modelem wnętrza "cylindra z tłokiem", wystarczy jeden śmiały ruch: trzeba zdefiniować temperaturę w ramach modelu wnętrza układu, w sposób niezależny od jej definicji fenomenologicznej i wyboru makroskopowej skali termometrycznej. Tak zdefiniowaną temperaturę nazywa się temperaturą bezwzględną (zwykle oznaczaną symbolem T) i określa jako wprost proporcjonalną do średniej energii kinetycznej cząstek chaotycznie poruszających się

w naczyniu ($T = aE_{sr}$). Stałą proporcjonalności a można wtedy odpowiednio powiązać ze stałą k znaną z wyjściowego prawa empirycznego. Dla rozpatrywanego modelu okazało się, że $a = 3/2 k$.

Definiując odpowiednio, w ramach modelu gazu doskonałego, temperaturę bezwzględną T , mogliśmy stałą k , mającą dotąd charakter parametru empirycznego, przekształcić w stałą uniwersalną, tak określając średnią energię kinetyczną cząstek gazu, by uzyskać liczbową równość stałej teoretycznej i bezpośrednio empirycznej.

Stała k wiąże świat zbioru chaotycznie poruszających się mikroobiektów, pozbawionych wtórnych jakości zmysłowych takich jak ciepłota czy temperatura, ze światem obiektów makroskopowych podlegających bezpośredniej aktywności przetwarzającej i posiadających pewne właściwości cieplne.

Z czasem okazało się, że ten wstępnie *aprioryczny* zbiór mikrocząstek może składać się z cząstek realnych. Badając gazy realne możemy mikrocząstkom gazu doskonałego nadawać różne dodatkowe, indywidualizujące właściwości (zastępując np. model gazu doskonałego modelem van der Waalsa), przy czym o tym, jakie te właściwości będą, ostatecznie rozstrzygał eksperyment makroskopowy.

W kontekście powyższych rozważań, w świetle zasady równoważności energii, ciepła i pracy, *da się sensownie pomyśleć*, że zasada zachowania energii w sformułowaniu $\Delta U = Q + W$ jest, źródłowo biorąc, zasadą normatywną. Odpowiada na pytanie, jak budować teorie mikroświata, aby uczynić zadość zjawiskom, prawom i zasadom świata makro, a niekoniecznie na pytanie, jaki jest realnie ten mikroświat.

Zasada zachowania energii, gdy interpretowana jako ogólne prawo Natury, może być złudzeniem realizmu poznawczego. Nie można wykluczyć, że dotyczy ona tylko wydobytego świata fizyki, a nie rzeczywistości. Przy czym prezentowana tu teoria poznania nie wyklucza poprawności realizmu, pozwala jednak tę hipotezę umieścić w szerszym i głębszym kontekście.

Nie podważam zasady zachowania energii jako ogólnego prawa Natury. Ale może warto mieć świadomość, że taka możliwość jest do sensownego pomyślenia w ramach rozwijanej tu *meta-fizyki*.

13. Powstanie i status mechaniki kwantowej

Wprowadzenie

Okolo roku 1900 fizycy byli przekonani, że ich nauka jest już na ukończeniu, wyjaśniając doskonale i w sposób zrozumiały wszystkie w zasadzie zjawiska przyrody (nieożywionej). Wiemy dzisiaj, w jak wielkim tkwili błędzie.

Max Planck, jeden z twórców fizyki kwantowej, tak oto, po latach, przedstawia stan fizyki przełomu wieków: „Kiedy rozpoczynałem studia fizyczne i u mego czcigodnego nauczyciela Philippa von Jolly'ego zasięgałem opinii na temat warunków i perspektyw moich studiów, przedstawił mi on fizykę jako naukę wysoko rozwiniętą, prawie całkowicie dojrzałą, która po ukoronowaniu jej osiągnięć przez odkrycie zasady zachowania energii miała już wkrótce przyjąć ostateczną postać. Wprawdzie w tym czy innym zakątku pozostaje jeszcze do zbadania i usunięcia jakiś pyłek czy pęcherzyk, ale jeśli chodzi o system jako całość, to jest on dość zabezpieczony, a fizyka teoretyczna wyraźnie zbliża się do osiągnięcia takiej doskonałości, jaka od stuleci jest właściwa geometrii.”⁹⁴

Hendrik Casimir pisał: „Pieter Zeeman, słynny fizyk holenderski, laureat Nagrody Nobla 1902 r., w wieku dojrzałym lubił opowiadać, że kiedy był młodym człowiekiem, to ostrzegano go, żeby nie studiował fizyki. 'Fizyka nie jest już dziedziną obiecującą' – mówiono mu; 'jest ona skończona i nie ma tam miejsca na cokolwiek istotnie nowego'. Musiało to być około roku 1883.”⁹⁵

Może przytoczę jeszcze dwie wypowiedzi Alberta A. Michelsona. Pierwsza jest z roku 1894: „Wielkie podstawowe zasady zostały solidnie ustalone... Przyszłych nowych prawd w fizyce trzeba będzie szukać na szóstym miejscu po przecinku.” Druga z roku 1899: „Wszystkie najważniejsze fundamentalne prawa i fakty zostały już odkryte i tak dobrze ustalone, iż jest znikome prawdopodobieństwo, że zostaną one uzupełnione w wyniku nowych odkryć.”⁹⁶

Ówczesni fizycy byli przekonani, że proces poznawania przyrody (nieożywionej) jest już zakończony. Ich dobre samopoczucie mogły podważyć jedynie fakty empiryczne, nie dające się wyjaśnić w ramach ugruntowanych paradygmatów. Ale nie poszukiwali takich faktów. Ich działania były ukierunkowane na weryfikację (potwierdzenie) obowiązujących teorii, nie zaś na falsyfikację (próby wykazania fałszywości) teorii. Tymczasem w poprawnie rozwijającej się nauce jest tak, że wyjaśnianie znanych faktów powinno być

⁹⁴ Max Planck, *Odczyt w Monachium* w 1926 r.; por. Andrzej K. Wróblewski, *Historia fizyki*, op. cit.

⁹⁵ Por. Andrzej K. Wróblewski, *Historia fizyki*, op. cit.

⁹⁶ *Ibidem*

sprężone z próbami przewidywania nowych, nieznanych dotąd, oraz z nastawieniem na falsyfikację (Karl Popper). W przeciwnym razie nauka ulega skostnieniu, zaś błędne teorie mogą zostać jedynie obalone przypadkowo, drogą przypadkowego wykrycia zjawisk czy obiektów, nie wyjaśnialnych w ramach teorii obowiązujących, niejako przy innej okazji. I trzeba dużo samozaparcia, by te nowe zjawiska w ogóle zauważyć.

Elektron

W latach 1870-1900 intensywnie badano tzw. promienie katodowe. Ukoronowaniem tych badań była hipoteza istnienia elektronu (1899; Konrad Lorentz), naładowanej elektrycznie cząsteczki, mniejszej od atomu. Aprioryczny „fluid elektryczności”, ziarnisty lub ciągły, został zastąpiony realnymi, naładowanymi elektrycznie cząstkami materii. Odtąd każdy model atomu musiał uwzględnić te cząstki.

Zacytujmy J.J. Thompsona: „Początkowo było bardzo mało takich, którzy wierzyli w istnienie ciał mniejszych niż atomy. Jakiś czas później pewien wybitny fizyk, który był obecny na moim wykładzie w Royal Institution, powiedział mi, że myślał, iż sobie kpię ze słuchaczy. Wcale mnie to nie zdziwiło, ponieważ sam z największą niechęcią przyjąłem taką interpretację, i dopiero kiedy nabrałem przekonania, że nie ma innego wyjaśnienia, zdecydowałem się opublikować moje przekonanie o istnieniu ciał mniejszych od atomów.”⁹⁷

Klasycznym eksperymentem, w którym ujawnia się ziarnistość elektryczności i jej „osadzenie” w zwykłej materii, jest eksperyment, w którym biegnące promienie katodowe są odchylane w polach elektro-magnetycznych. Wyznacza się wtedy na przykład stosunek e/m (stosunek ładunku elektrycznego, niesionego przez cząstkę, do jej masy), wykorzystując z jednej strony prawa elektrodynamiki, opisujące oddziaływanie pól elektro-magnetycznych na ładunki elektryczne, z drugiej zaś zasady dynamiki, dotyczące mas, pozwalające wyjaśnić odchylenie się korpuskuł zwykłej materii pod wpływem sił.

Wszystko to układało się w pojęcie naładowanej cząstki w ruchu. Przyjmowano przy tym, że jest to cząstka najmniejsza z istniejących w przyrodzie. Z czasem, po znanych eksperymentach Millikena, przekonano się, że elektron niesie ładunek elementarny, w tym znaczeniu, że każdy inny powinien być jego wielokrotnością.

Powróćmy do eksperymentów, w których wyznacza się stosunek e/m (ładunku elektronu do jego masy). Każdy z odpowiednich układów eksperymentalnych jest dla fizyka zrozumiałą. Niewidoczny bezpośrednio elektron „osaczony” jest przez zrozumiałe dla eksperymentatora realności makroskopowego układu eksperymentalnego. Przy czym

⁹⁷ J.J. Thompson, *Recollection and reflection*, 1936; por. Andrzej K. Wróblewski, *Historia fizyki*, op. cit.

układ eksperymentalny do pomiaru e/m jest zrozumiałą poprzez zrozumiałość właściwości samego elektronu – postulowanego mikroobektu o określonych właściwościach. I *vice versa*: obiekt ten - elektron - byłby czymś całkowicie niezrozumiałym, gdybyśmy nie potrafili zrozumiale określić warunków, w których może się on przejawiać na poziomie eksperymentu makroskopowego.

Przy czym niczego więcej nie dawało się na gruncie tych eksperymentów o nim powiedzieć, ponad to, że jest naładowaną cząstką o pewnych właściwościach, gdyż ujawniał się w odpowiednim układzie do pomiaru e/m jako naładowana cząstka i tylko w ten sposób. Jego ewentualne właściwości falowe nie ujawniały się w tym układzie.

Można powiedzieć, po raz któryś już przywołując Kanta, że 'ogólne warunki możliwości eksperymentu makroskopowego, dotyczącego właściwości elektronu, są zarazem warunkami możliwości przejawiania się na poziomie makro samego elektronu, odpowiednio określonego, jako uprawnionego obiektu fizyki.'

Eksperyment dotyczący właściwości elektronu jest zrozumiałą jednością warunków eksperymentu i przedmiotu eksperymentu. Zwykle jednak prostomyślnie przyjmuje się, że elektron istnieje obiektywnie i niezależnie. Tymczasem, jako obiekt fizyki, jest on wynikiem poznawczego sprzężenia człowieka z przyrodą. Nie jest czystą konstrukcją naszych umysłów, całkowicie niezależną od rzeczywistości.

Jak wiadomo, z czasem stwierdzono inne jeszcze właściwości tego samego obiektu, oprócz korpuskularnych, jako uzyskiwanego w ten sam sposób, za pomocą na przykład „działa elektronowego”. Stwierdzono na przykład, że posiada on także naturę falową (np. dyfrakcja na kryształach).

Z czasem pojęcie elektronu zostało wyrwane z poszczególnych kontekstów eksperymentalnych, jako samodzielnie nie wyczerpujących jego istoty, i uogólnione w obiekt samoistny. Każda zaawansowana, ogólna teoria elektronu, stworzona przez rozum, wedle jego własnej inicjatywy i na miarę swoich właściwości, musiała odtąd wyjaśniać wszystkie te właściwości elektronu, jako obiektu samoistnego, i w oderwaniu od eksperymentów konkretnych. Okazało się to trudne doprowadzając do pojęcia komplementarności. Tymczasem elektron zawsze pozostaje na uwięzi eksperymentów makroskopowych, przeprowadzanych w przestrzeni empirii bezpośredniej, przez człowieka, usytuowanego w fizycznym laboratorium. Żadna z teorii fizycznych *explicite* faktu tego nie eksponuje. Może to jednak uczynić szersza i głębsza *meta*-fizyka.

W jaki sposób ówcześni, prostomyślni fizycy postrzegali elektron? Przedstawię to słowami Gleicka. Píše on: "Jeszcze w latach dwudziestych Wilhelm Roentgen nie pozwalał używać w swoim laboratorium tego modnego pojęcia. Twórcy mechaniki kwantowej, choć na wiele sposobów próbowali opisać masę, pęd, energię i spin

elektronu, wykazywali jednak agnostycyzm, gdy chodziło o inne kwestie. Szczególnie kłopotliwe było pytanie, czy elektron jest mikroskopijnym ziarenkiem, cząstką o niezerowych rozmiarach, czy też należy go uważać za cząstkę punktową. W swoim modelu atomu, który przeszedł już do historii, Bohr założył, że elektron zachowuje się jak miniaturowa planeta krążąca wokół jądra,... W sformułowaniu Schrödingera [mechaniki kwantowej - RM] elektron ukrywa się za zasłoną fali, która reprezentuje prawdopodobieństwo, że elektron ujawni swoje istnienie w określonym obszarze i w określonej chwili. Jednak co ma się ujawnić? Jakiś dobrze określony, niezależny "kęs materii" czy tylko coś, dające się myśleć jako takie?

Jeszcze przed sformułowaniem mechaniki kwantowej w klasycznej teorii elektronu krył się poważny problem. W równaniu wiążącym energię elektronu z jego ładunkiem występuje również promień. W miarę jak promień maleje, energia elektronu rośnie (...) Ponadto, jeśli wyobrazimy sobie elektron jako kulkę o niezerowym promieniu, to nasuwa się pytanie, jakie siły utrzymują ją w całości i przeciwstawiają się odpychaniu między różnymi częściami kulki o takim samym ładunku elektrycznym. W celu scharakteryzowania rozmiarów elektronu fizycy wprowadzili tzw. klasyczny promień elektronu, ale miał on charakter czysto hipotetyczny. Problem polegał na tym, że przyjęcie modelu cząstki punktowej powoduje, że w wielu równaniach elektrodynamiki występuje dzielenie przez zero, czyli pojawiają się nieskończoności."⁹⁸

Trudności te nie zniknęły wraz ze sformułowaniem mechaniki kwantowej. Ujawniły się tam w taki sposób, że zamiast szkolnego zagadnienia dzielenia przez zero fizycy musieli rozważać wielkości dążące do nieskończoności z powodu sumowania wkładu od nieskończenie wielu długości fal.

Jednym z fizyków, którzy ostatecznie poradził sobie z problemem nieskończoności we wzorach, opisujących oddziaływanie elektronu z polem elektromagnetycznym, samym sobą, i innymi elektronami, i sformułował wolną od tego rodzaju wad elektrodynamikę kwantową, był Richard Feynman. Otrzymał on za to w roku 1965 nagrodę Nobla (razem ze Schwingerem i Tomonagą).

Warto zauważyć, że - jak pisze Gleick (*Geniusz. ...*, op. cit., s. 107) - "...Feynman w istocie pytał nie o to, czy elektron oddziałuje na siebie [co generuje nieskończoności w rozwiązaniach odpowiednich równań - RM], lecz czy teoretyk może odrzucić tę koncepcję; nie o to, czy pole istnieje w naturze, lecz czy pojęciem tym muszą posługiwać się fizycy. Kwestia przyjęcia lub odrzucenia pojęcia pola wydawała się w latach trzydziestych zagadnieniem wyboru metody, a nie koncepcji rzeczywistości. (...) Feynman, poszukując nowego punktu widzenia, stopniowo skłaniał się do przyjęcia klasycznej koncepcji

⁹⁸ James Gleick, *Geniusz...*, op. cit., s. 105-106

oddziaływania cząstek bez pośrednictwa pola."

Dzisiaj tzw. diagramy Feynmana, wspomagające i upraszczające obliczenia w elektrodynamice kwantowej, są w powszechnym użyciu.

Promieniowanie ciała doskonale czarnego

Przełom w fizyce nastąpił w związku z badaniem promieniowania ciała „doskonale czarnego” (dającego się w przybliżeniu zrealizować w postaci wydrążonej i poczernionej wewnątrz kuli, o wnętrzu chropowatym, z małym otworkiem). Nie będę tutaj wchodził w fizykę odpowiednich zjawisk. Istotne okazuje się to, że odpowiednich przebiegów krzywych empirycznych nie dawało się wyjaśnić na gruncie klasycznej, falowej elektrodynamiki Maxwella. Max Planck znalazł wzór, dopasowany do wyników odpowiednich eksperymentów, dotyczących promieniowania ciała "doskonale czarnego", musiał jednak przyjąć założenie, że światło jest skwantowane, nieciągłe, tzn. występuje w ściśle określonych „paczkach”, niosąc energię porcjami, o wielkości proporcjonalnej do częstotliwości światła, a nie na przykład do jego natężenia (do kwadratu amplitudy fali świetlnej).

W celu dopasowania krzywej teoretycznej do krzywych eksperymentalnych trzeba było jeszcze wprowadzić pewną nową stałą. Jej współczesną postać nazywa się stałą Plancka.

Wszystko to stało się w niedzielę, 7 października 1900. Oto popołudniowa herbatka u państwa Plancków. Rubens opowiada Planckowi o tym, że wyniki pomiarów promieniowania ciała doskonale czarnego wykazują odstępstwo od przewidywań wzoru Wiena, którym starano się te wyniki ogarnąć. Po wyjściu gości Planck siada za biurkiem i tego samego wieczoru wpada na pomysł ulepszenia wzoru Wiena.

Uzyskane wyniki Planck przedstawił 19 października 1900r., na posiedzeniu Niemieckiego Towarzystwa Fizycznego w Berlinie. Nie zaprezentował ich jednak jako przełomu w fizyce. Miał to być tylko pewnego rodzaju trik, teoretycznie całkowicie nieuzasadniony, gdyż sprzeczny z elektrodynamiką klasyczną, pozwalający jedynie na dopasowanie krzywych, uzyskiwanych w ramach pewnego wzoru, uogólniającego wyniki wielu eksperymentów, do krzywych, uzyskiwanych eksperymentalnie, i na nic więcej. (Na podstawie: Andrzej K. Wróblewski, *Historia Fizyki*, op. cit.)

Efekt fotoelektryczny

Zjawisko fotoelektryczne jest powszechnie znane. Na jego podstawie działają na przykład fotokomórki. Sprowadza się ono do tego, że pod wpływem światła, padającego na płytkę metalową, wybijane są elektrony w ilości proporcjonalnej do natężenia światła i

energii proporcjonalnej do jego częstotliwości.

Wiadomo, że jako pierwszy poprawne prawo, opisujące to zjawisko, podał Albert Einstein w pracy z 1905 roku, zatytułowanej *O pewnym heurystycznym punkcie widzenia na wytwarzanie i przemiany światła*.

Z teorii Maxwella wynikało, że energia kinetyczna wybijanych elektronów powinna być proporcjonalna do natężenia światła, a tymczasem stwierdzano jej proporcjonalność do częstotliwości światła. Jak sobie z tym problemem poradzić?

Ze względu na dobrze potwierdzone empirycznie fakty i teorie, dotyczące falowej natury światła, Einstein przedstawia tylko pewien „...heurystyczny punkt widzenia...”, zakładając tyle tylko, ile było trzeba: że światło w tym zjawisku działa tak, jak gdyby rozchodziło się „paczkami”, w sposób nieciągły, których energia, proporcjonalna do częstotliwości światła, jest w całości przechwytywana przez elektrony.

Dodajmy, że odkrycie Einsteina nie miało żadnego widocznego związku z wcześniejszym o 5 lat odkryciem Plancka.

Einstein nie pisał, że mamy do czynienia z korpuskułą świetlną, gdyż wiadomo było wówczas, że światło jest falą, a te dwie skrajności wzajemnie się wykluczają. Jednakże dość wcześnie zaczął myśleć o dualizmie falowo-korpuskularnym. W roku 1909, podczas konferencji w Salzburgu, wygłosił mowę, podczas której stwierdził: "Światło ma pewne podstawowe właściwości, które są bardziej zrozumiałe z punktu widzenia Newtonowskiej teorii emisyjnej niż z punktu widzenia teorii falowej. Sądzę zatem, że następną fazą rozwoju fizyki teoretycznej przyniesie nam teorię światła, którą będzie można interpretować jako rodzaj fuzji dwóch teorii światła: falowej i emisyjnej. (...) W rezultacie trzeba uznać, że światło zachowuje się zarówno jako fala, jak też strumień cząstek. Obie właściwości ujawniają się w promieniowaniu jednocześnie i nie powinny być traktowane jako nieprzystające do siebie."⁹⁹

Przypomnijmy także (por. A. K. Wróblewski, *Historia Fizyki*), że w owym czasie formułowano inne, klasyczne teorie efektu fotoelektrycznego. A więc według Lenarda (1902) światło miało być tylko „wyzwalaczem elektronów”, zaś sposób ich ujawniania się w przestrzeni wokół źródła trzeba przypisać ich właściwościom. Podobną hipotezę sformułował także Thompson w 1910 roku. Arnold Sommerfeld w 1911 roku założył, że elektrony na zewnątrz pojawiają się w wyniku „rezonansowej emisji”. Richardson w 1912 r. przyjął, że można posłużyć się tu pojęciem „parowania” gazu elektronowego.

Rozwiązanie, zaproponowane przez Einsteina powszechnie w owym czasie odrzucano. Nawet Robert Millikan, który w 1916 roku potwierdził równanie Einsteina w serii

⁹⁹ Wg: Walter Issacson, *Einstein...*, op. cit. s. 211

pomiarów, pisał: „Pomimo pozornie pełnego sukcesu równania Einsteina, teoria fizyczna stworzona w celu jego wyprowadzenia jest tak niemożliwa do utrzymania, że jak sądzę, sam Einstein już jej nie podtrzymuje.”

Ale oto na przestrzeni kilku lat w fizyce nastąpiła zasadnicza zmiana w myśleniu o mikroświecie. W 1922 roku nagrodę Nobla z fizyki otrzymał Albert Einstein „za zasługi dla fizyki teoretycznej, a zwłaszcza za odkrycie prawa zjawiska fotoelektrycznego.”

Gdy w latach 20-tych XX wieku prawie wszyscy fizycy przeszli na pozycje nowej fizyki, Einstein odcina się od niej, nazywając ją „fizyką chłopców”. Do końca życia prowadzi własne poszukiwania, utrzymane w duchu teorii pola, nie uwieńczone jednakże sukcesem.

Powstanie i rozwój współczesnej koncepcji atomistycznej

Ogólnie biorąc modelujemy atomy i ich wnętrze w odniesieniu do zjawisk, obserwowalnych w różnych układach obserwacyjno-eksperymentalnych. Wykorzystujemy przy tym:

1. matematykę jako naturalne tworzywo dla praw, zasad, modeli itp.,
2. wiedzę z zakresu mechaniki i elektrodynamiki,
3. wiedzę, dotyczącą czaso-przestrzeni (newtonowskiej lub einsteinowskiej),
4. wiedzę na temat zjawisk cieplnych (np. model gazu doskonałego i termodynamika statystyczna),
5. wiedzę z dziedziny chemii, zwłaszcza dotyczącą reakcji chemicznych,
6. wiedzę o zjawiskach związanych z emisją i pochłanianiem światła i innego promieniowania,
7. wiedzę o zjawiskach naturalnego przekształcania się atomów (promieniotwórczość naturalna),
8. wiedzę o możliwościach rozpadu atomów pod wpływem czynników zewnętrznych (promieniotwórczość sztuczna),

Kluczowy problem każdej teorii atomu, jako dynamicznego układu ujemnie naładowanych elektronów i dodatniego jądra, sprowadzał się do pytania: co powoduje stabilność atomów? Poruszające się z przyspieszeniami ładunki elektryczne (np. elektrony) powinny zgodnie z teorią Maxwella emitować falę elektromagnetyczną, tracąc energię i opadając na jądro. Dlaczego atomy są trwałe?

Problemu tego nie udało się rozwiązać na gruncie fizyki klasycznej. Przełom nastąpił

wraz z modelem atomu skonstruowanym przez Bohra (1913) i związany był z odstępianiem od idei klasycznych na rzecz nieklasycznych reguł kwantowych.¹⁰⁰

Jedną z zasadniczych przesłanek tego modelu było zaobserwowanie różnych serii linii widmowych, i opisanie zauważonych tam prawidłowości wzorami empirycznymi. Atom Bohra, w części nieklasycznej, podlega w tym kontekście zmodyfikowanemu twierdzeniu Kanta: 'ogólne warunki możliwości eksperymentu makroskopowego, dotyczącego właściwości nie-"naocznego" atomu, są zarazem warunkami możliwości przejawiania się na poziomie makro samego atomu, odpowiednio określonego, jako uprawnionego obiektu fizyki.'

Nieklasyczny aspekt atomu Bohra, związany z poziomami energetycznymi i "przeskokami" elektronów, przejawia się w makroświecie na przykład seriami widmowymi Lymana, Balmera, Paschena, itd.

Wraz z kwantyzacją wnętrza atomu utraciliśmy możliwość pogładowości w fizyce mikroświata. Wprawdzie atom Bohra można było sobie jeszcze jakoś wyobrazić, szybko jednak okazało się, że te wyobrażenia nie oddają jego natury. Rzeczywistość wyparła rozum z pokoju gościnnego, tak przemyślnie skonstruowanego w mikroświecie przez umysł, pragnący rozumieć. Lecz umysł jest nieustępliwy. Szybko więc to, co niezrozumiałe, postarał się umieścić w jakimś zrozumiałym kontekście. Z czasem powstały różnorodne interpretacje mechaniki kwantowej.

Zauważmy jeszcze, że właściwości atomów określone zostały tutaj z innej perspektywy, niż termodynamiczna czy chemiczna. Gaz, taki na przykład, jak wodór, gdy pozostawiony w zamkniętym naczyniu (np. w cylindrze z tłokiem), nadal podlegał teorii gazu doskonałego i klasycznej fizyce statystycznej. Jednakże zajrzeliśmy także do wnętrza cząsteczek tego gazu i okazało się, że klasyczne wyobrażenia wnętrza nie mają w tym przypadku racji bytu. Trzeba więc było z czasem zmodyfikować także fizykę statystyczną.

Percepcja hipotezy kwantów światła

Fizycy długo opierali się hipotezie kwantów światła. Także Bohr był jej przeciwnikiem. Niech przemówi jeden z ówczesnych fizyków, James Jeans. Jeszcze w roku 1925, na kilka miesięcy przed syntezami Heisenberga i Schrödingera, została wydana kolejna edycja jego książki, w której pisał: „...tylko krok prowadzi wprost do hipotezy 'kwantów światła', według której promieniowanie składa się z niewidzialnych paczek czy 'atomów' światła,

¹⁰⁰ Przy okazji został sformułowany tzw. "zakaz Pauliego", zgodnie z którym w atomie wieloelektronowym żadne dwa elektrony nie mogą znajdować się w stanie opisanym przez te same liczby kwantowe. W świetle rozwijanej tutaj teorii poznania wydaje się, że słowo "zakaz" dobrze może oddawać istotę rzeczy.

które poruszają się w przestrzeni jak kule ze strzelby, aż natrafią na tarczę materialną, w której zostaną całkowicie pochłonięte. Ten pogląd został wysunięty w 1905 roku przez Einsteina jako hipoteza robocza, która umożliwiła mu wyprowadzenie poprawnego wzoru dla zjawiska fotoelektrycznego. Mimo tego sukcesu wydaje się zupełnie pewne, że ten pogląd może być traktowany wyłącznie jako hipoteza robocza, a nie jako odzwierciedlenie rzeczywistości. Przeciw założeniu, że promieniowanie biegnie w postaci niepodzielnych kwantów przemawiają praktycznie wszystkie eksperymentalne dowody falowej teorii światła, zwłaszcza te, które dotyczą zjawisk dyfrakcji i interferencji (...) Wydaje się, że fizycy są zgodni co do tego, że tej teorii nie można traktować jako przedstawienie rzeczywistości fizycznej.”¹⁰¹

W zasadzie powiedziano tu wszystko. Może jedynie warto zauważyć, że Jeans mówi o „rzeczywistości fizycznej”, nie zaś wprost o „rzeczywistości”. Czy czyni to świadomie? Jeżeli tak, to zawarta jest w tym sugestia, że fizyka nie dociera do rzeczywistości „w sobie” z zasady, a tylko do specyficznego jej rodzaju, dostępnego fizykom, nazywanego przeze mnie światem fizyki.

Rozstrzygające ustalenia

Arthur Holly Compton (1892-1962) przez kilka lat (1917-1923) badał eksperymentalnie rozpraszanie światła na pewnych kryształach. Ostatecznie doszedł do wniosku (praca z roku 1923), że może zrozumieć uzyskane wyniki zakładając, że w oddziaływaniu światła z elektronami spełnione są klasyczne zasady zachowania energii i pędu, tak jak na przykład w zderzeniach kul sprężystych. Nie występuje przy tym zjawisko dyfrakcji czy interferencji. Światło oddziałuje z elektronem w taki sposób, jak gdyby obydwa te mikroobiekty były dobrze określonymi cząstkami.

Cóż pozostało Comptonowi? W świetle wielokrotnie już przywoływanego twierdzenia Kanta można powiedzieć, że tym uprawnionym obiektem fizyki w odniesieniu do eksperymentów Comptona staje się korpuskuła światła.

Światło wykazuje więc w pewnych układach eksperymentalnych właściwości falowe, w innych zaś – korpuskularne. Fizyka ma problem realny – za dużo jest dowodów na korpuskularną naturę światła, by można je wszystkie zignorować. Nie wiadomo jednak, jak połączyć właściwości falowe i korpuskularne w jednym, tym samym obiekcie fizyki, gdyż na sposób klasyczny nie jest to możliwe.

Można tu powtórzyć to samo, co powiedziałem przy okazji omawiania dwoistych właściwości elektronu. Oto z czasem foton został wyrwany z poszczególnych kontekstów

¹⁰¹ James Jeans, *The Dynamical Theory of Gases*, 1925; por. Andrzej K. Wróblewski, *Historia fizyki*, op. cit.

eksperymentalnych, jako samodzielnie nie wyczerpujących jego istoty, i uogólniony w samoistny obiekt fizyki, posiadający określone właściwości. Wydawało się, że każda zaawansowana, ogólna teoria fotonów i ich oddziaływań z materią, stworzona przez rozum, wedle jego własnej inicjatywy i na miarę jego właściwości, musiała odtąd wyjaśniać wszystkie właściwości fotonu, jako obiektu samoistnego, i w oderwaniu od eksperymentów konkretnych. Tymczasem foton zawsze pozostaje na uwięzi eksperymentów makroskopowych, przeprowadzanych w przestrzeni empirii bezpośredniej, przez człowieka, usytuowanego w fizycznym laboratorium, związanym z jakimś obiektem makroskopowym, posiadającym masę.

Mniej więcej w tym samym czasie (1923 r.) Louis de Broglie przedstawia pracę doktorską, w której postuluje, że elektron posiada – oprócz korpuskularnej – także naturę falową. W roku 1927 Davisson i Germer przedstawili pracę, w której opisują uzyskaną przez nich dyfrakcję elektronów przy odbiciu od kryształków niklu. Zjawisko dyfrakcji elektronów na folii złota zbadał George P. Thompson, uzyskując czysty i jednoznaczny obraz dyfrakcyjny.

Z czasem w fizyce kwantowej pojawiło się pojęcie komplementarności, które miało wyrazić specyficzną jedność właściwości falowych i korpuskularnych mikroobiektów; właściwości rozłącznych w fizyce makroswiata.

Mechanika kwantowa Heisenberga i Schrödingera

Niels Bohr jeszcze w 1925 roku mówił: „trzeba wydać honorowy pogrzeb dla naszej rewolucyjnej idei”. Ale już w tym samym roku Werner Heisenberg (mechanika macierzowa), a rok później Erwin Schrödinger (mechanika falowa), sformułowali teorie, pozwalające wszystkie te właściwości mikroobiektów ująć w ramach jednego, spójnego systemu. I choć nadal wielu nie rozumiało tego wszystkiego (Richard Feynman, wiele lat później: „według mnie mechaniki kwantowej nikt nie rozumie”), mechanika kwantowa stała się faktem.

Jedna z osób, które przeczytały wcześniejszą wersję tej książki i opatrzyły ją uwagami, wstawiła w tym miejscu następujący komentarz: "Jednak to jest ciekawe jak powstała, skoro rozum ją wytworzył, a nie rozumie..." Faktycznie jest to ciekawe. Może jest tak, że wytworzył ją rozum w poznawczym sprzężeniu z przyrodą, a nie potrafi jej zrozumieć niezależnie od tego sprzężenia?

Jak pisze Gleick: "Heisenberg stworzył mechanikę kwantową, wychodząc z 'błyskotliwej' idei: 'należy stworzyć teorię, posługując się wyłącznie wielkościami bezpośrednio obserwowalnymi, a nie tworzyć modele - takie, jak dotychczas - wymagające wykorzystania wielu wielkości, których nie można zaobserwować.' (...)

'Moim celem jest eliminacja orbity, tak by nie pozostał po niej nawet ślad.' Można obserwować emitowane przez atom światło o różnych częstościach, ale nie można obserwować elektronów krążących wokół jądra po miniaturowych orbitach."¹⁰²

Gleick pisze także (*Geniusz. ...*, op. cit., s. 79): "Wielkości wprowadzone przez Heisenberga mają postać macierzy, czyli tablic, których elementami są liczby, nie spełniające prawa przemienności mnożenia: a razy b to nie to samo, co b razy a. Zmienne Heisenberga są nieprzemienne (nie komutują). Wynikają z tego ważne konsekwencje - prawa mechaniki kwantowej nie pozwalają ściśle określić równocześnie położenia i pędu cząstki. Takie wielkości podlegają zasadzie nieoznaczoności."

A dalej (s. 81): "Heisenberg i Schrödinger znaleźli diametralnie różne opisy tej samej rzeczywistości fizycznej. Obaj pogodzili się z abstrakcyjnym opisem zjawisk i odrzucili próby ich wizualizacji. Nawet fal Schrödingera nie można sobie wyobrazić w konwencjonalny sposób. Nie są to fale energii ani materii, lecz prawdopodobieństwa, a rozchodzą się w przestrzeni matematycznej."

Heisenberg i Schrödinger sformułowali swoje teorie w różny sposób. Z czasem obydwie te sformułowania okazały się równoważne fizycznie. Jednakże w roku 1926 fizycy ci wypowiedzieli się z niesmakiem o teorii przeciwnej.

Oto co pisał Heisenberg o mechanice falowej Schrödingera: „Im więcej myślę o części fizycznej teorii Schrödingera, tym bardziej obrzydliwa mi się wydaje. To, co Schrödinger pisze o jej poglądowości, nie ma w ogóle sensu, i inaczej mówiąc, myślę, że jest to bzdura.” (1926 r.). Zaś Schrödinger pisał: „Moja teoria była inspirowana przez L. De Broglie'a i przez krótkie, ale nieskończone uwagi A. Einsteina. Byłem całkowicie nieświadomy jakiegokolwiek związku genetycznego z Heisenbergiem. Oczywiście wiedziałem o jego teorii, ale była dla mnie odpychająca, czy raczej odrażająca, ze względu na bardzo trudne metody transcendentnej algebry i brak poglądowości.” (1926 r.).¹⁰³

W roku 1927 odbyła się druga Konferencja Solvayowska (pierwsza odbyła się w 1911 r.), na której dokonano podsumowania osiągnięć w dziedzinie fizyki kwantów i zaproponowano tzw. kopenhaską interpretację mechaniki kwantowej.

Współcześnie znanych jest kilkadziesiąt różnych interpretacji mechaniki kwantowej.

W roku 1929 Paul Dirac, po publikacji relatywistycznego równania elektronu, pisał: „Ogólna teoria mechaniki kwantowej jest już kompletna. (...) Poznane zostały całkowicie podstawowe prawa fizyczne konieczne dla matematycznej teorii dużej części fizyki i całej

¹⁰² James Gleick, *Geniusz...*, op. cit., s. 78-79

¹⁰³ Por. Andrzej K. Wróblewski, *Historia fizyki*, op. cit.

chemii i trudność przedstawia tylko to, że dokładne stosowanie tych praw prowadzi do równań o wiele za bardzo skomplikowanych, by się dały rozwiązać." Zaś Max Born prorokował w tym samym czasie; „Koniec fizyki, jaką znamy, nastąpi za sześć miesięcy.”

W latach 1925-1927 nastąpił więc przełom w fizyce. W sposób pasjonujący omawia jego istotę A.K. Wróblewski w swojej *Historii Fizyki*. Nie będę tutaj tego wszystkiego prezentował. Poza tym pewne wypowiedzi Heisenberga, związane z powstaniem mechaniki kwantowej, cytowałem już wcześniej. Odsyłam więc czytelnika do książki Wróblewskiego. Zaś istotę mechaniki kwantowej postaram się zaprezentować w rozdziale następnym.

14. Mechanika kwantowa a rzeczywistość

Można zadać pytanie, jak przedstawia się w kontekście *meta-fizyki*, rozwijanej na tych stronach, sama mechanika kwantowa? Poniżej podejmuję próbę przedstawienia pewnych intuicji, spójnych z całością dotychczasowych rozważań, a dotyczących natury tej teorii. Wydaje się, że przynajmniej w pewnym zakresie korespondują one z intuicjami fizyków takich, jak na przykład Niels Bohr czy Richard Feynman. Nie jest to jednak jakaś zaawansowana próba sformułowania pełnoprawnej interpretacji mechaniki kwantowej, a co najwyżej tylko pewien konceptualny wstęp do głębszego, w tym matematycznego, opracowania odpowiednich zagadnień. Przy czym eksponuję aspekt stosunku przedmiotu mechaniki kwantowej do rzeczywistości niezależnej.

Niniejsza próba dość znacząco odbiega od tzw. interpretacji kopenhaskiej, wyłożonej na przykład przez Wernera Heisenberga w jego książce *Fizyka a Filozofia*, oraz od omawianych przezeń w tej książce innych interpretacji.

Może warto byłoby podjąć głębszą krytykę znanych interpretacji mechaniki kwantowej, w tym interpretacji kopenhaskiej, z punktu widzenia proponowanego w tej książce rozwiązania? Wymagałoby to jednak podjęcia zaawansowanych badań i napisania odrębnej książki.

Więzy empirii bezpośredniej

Realne eksperymenty zawsze przeprowadzane są w przestrzeni empirii bezpośredniej. Jeżeli przyjmiemy, że jednym z konstytutywnych warunków fizyki nowożytnej i współczesnej jest eksperyment sprawdzający, wówczas przyjąć powinniśmy, że *cała fizyka, nawet ta najbardziej zaawansowana, jeżeli jest fizyką poprawnie konstruowaną, to pozostaje na uwięzi empirii bezpośredniej.*

Specyficznie wyraził tę ideę Niels Bohr w związku z pracami nad mechaniką kwantową. Według Abrahama Paisa Bohr "od razu w 1927 wyłożył swą podstawową tezę: 'nasza interpretacja wyników eksperymentów opiera się zasadniczo na klasycznym systemie pojęć.' (...) W fizyce klasycznej prawidłowość teorii weryfikowano, porównując je z wynikami obserwacji eksperymentalnych dokonywanych za pomocą przyrządów takich jak waga, termometr, galwanometr, itd. Wraz z nastaniem ery kwantowej teorie uległy diametralnym zmianom, jednak - i to właśnie podkreślał Bohr - ich słuszność nadal weryfikuje się na podstawie odczytów położenia wskaźnika wagi, wysokości słupka rtęci w termometrze, wychylenia igły galwanometru, itp. Nawet jeżeli nowe zjawiska badane są unowocześnionymi przyrządami pomiarowymi, stosowane przyrządy wciąż należy

traktować jako obiekty klasyczne, zaś ich wskazania opisuje się, używając klasycznego systemu pojęć.

'Powstała w ten sposób bardzo szczególna sytuacja' - stwierdza Bohr. Rozważmy na przykład kwestię, czy nie mogę zapytać o kwantowomechaniczne właściwości przyrządu pomiarowego, powiedzmy, galwanometru? Odpowiedź jest twierdząca - tak, mogę. Pojawia się z kolei pytanie, czy nie powinienem odejść od niepełnego opisu galwanometru jako obiektu klasycznego i rozważać go na sposób kwantowomechaniczny? I znowu odpowiedź jest twierdząca - tak należałoby zrobić. Jednakże *aby określić kwantowomechaniczne właściwości galwanometru, potrzebuję innego aparatu pomiarowego, którego wskazania odczytywał będę w sposób klasyczny* [podkreślenie moje - RM].¹⁰⁴

Ta klasyczność bezpośrednich przyrządów pomiarowych oraz ich nie relatywistyczny czy kwantowomechaniczny sposób funkcjonowania w konkretnym laboratorium, wiąże każdą, najbardziej nawet zaawansowaną teorię fizyczną, z przestrzenią empirii bezpośredniej, umysłowi nie poddaną.

Jeżeli przyjmiemy, że teorie mikroświata są tak konstruowane, aby ich przedmioty mogły przejawiać się wobec eksperymentującego człowieka, w przestrzeni empirii bezpośredniej, to każda taka teoria (w tym mechanika kwantowa) byłaby także wtedy formą wyprowadzania nieobserwowalnej podstawy makroświata (tego świata mikro, ukrytego przed naszymi zmysłami) na poziom eksperymentu makroskopowego.

Z punktu widzenia problemu stosunku naszej wiedzy do rzeczywistości można zapytać, czy rzeczywistość mieści się cała w klatce świata fizyki, ograniczonej więzami empirii bezpośredniej i zbudowanej ze współudziałem naszych władz poznawczych? Może jest tak, że rzeczywistość nie daje się wtłoczyć w tę klatkę?

Jak radzić sobie z tym, co jest?

James Gleick pisze: "Według Feynmana mechanika kwantowa ani nie wyjaśnia świata, ani nie tłumaczy, dlaczego jest taki, jaki jest, lecz mówi nam, jak mamy sobie z nim radzić. Nie jest to wiedza o czymś lub znajomość czegoś. Jest to wiedza, która odpowiada na pytanie: Jak? Jak obliczyć prawdopodobieństwo emisji światła przez wzbudzony atom? Jak ocenić dane doświadczalne, jak przewidywać, jak opisywać cząstki elementarne,..."¹⁰⁵

Wg Feynmana mechanika kwantowa nie próbuje więc odpowiadać na pytania, co i jak jest, lecz na pytanie: jak radzić sobie z tym, co jest, choć być może niepoznawalne. Jeżeli

¹⁰⁴ Abrahm Pais, *Tu żył Albert Einstein*, op. cit., s. 56

¹⁰⁵ James Gleick, *Geniusz...*, op. cit., s. 20

tak, to jest ona w pewnym sensie formą naszego poznawczego kontaktu z rzeczywistością, leżącą u podstawy mikroświata fizyki, nie zaś bezpośrednią teorią tego mikroświata.

Wydaje się, że Niels Bohr był jednym z nielicznych fizyków, których - podobnie jak Natanson - interesował przede wszystkim stosunek naszej wiedzy do rzeczywistości.

Według Abrahama Paisa Niels Bohr twierdził, że: "(...) 'należałoby pytać, czy elektron zachowuje się jak cząstka, czy jak fala? Na pytanie to da się odpowiedź, ale dopiero po określeniu układu eksperymentalnego, w ramach jakiego 'oglądamy' elektron. (...)

Fizyk klasyczny powiedziałby: jeśli mamy dwa wzajemnie wykluczające się opisy, co najmniej jeden z nich jest fałszywy, natomiast fizyk kwantowy powie: to, czy jakiś obiekt zachowuje się jak cząstka, czy jak fala, zależy od układu eksperymentalnego, w ramach którego go obserwujemy [i w ramach którego go wcześniej ukonstytuowaliśmy (Kant); porównaj podrozdziały, dotyczące elektronu i fotonu - RM] Nie przecząc, że opis korpuskularny i falowy wzajemnie się wykluczają, będzie on utrzymywał, iż oba są niezbędne dla pełnego opisu własności danego obiektu. Na określenie tej nowej sytuacji Bohr użył słowa 'komplementarność'.

Bohr mawiał: 'Sama natura teorii kwantowej zmusza nas do uznania opisu korpuskularnego i opisu falowego, występujących w teoriach klasycznych, za komplementarne, choć wzajemnie się wykluczające aspekty opisu kwantowego. Opisywanie zjawisk za pomocą komplementarnych obrazów stanowi naturalne uogólnienie opisu klasycznego.' A także: '... Dla precyzji pojęciowej należałoby ograniczyć stosowanie określenia zjawisko wyłącznie do przypadków, gdy odnosi się ono do obserwacji uzyskanych w ściśle określonych warunkach, których specyfikacja obejmuje pełny opis sytuacji eksperymentalnej'.¹⁰⁶

Jeżeli stwierdzono inne jeszcze właściwości, oprócz powiedzmy korpuskularnych, tego samego mikroobektu empirycznego fizyki, gdyż uzyskiwanego w identyczny sposób, na przykład z pomocą tego samego "działa elektronowego" lub tej samej lampy rentgenowskiej, na przykład to, że posiada on także naturę falową, to można było postąpić dwojako: albo założyć, że obydwa mikroobiekty są różne, albo że posiadają one nieprzywiedlne właściwości. Ale jakże przyjąć, że są różne, kiedy uzyskujemy je z tego samego źródła? Pozostaje więc ta druga możliwość.

Mechanika kwantowa jest teorią wyjątkową. Może jest tak, że nie próbuje odpowiadać na pytania, co i jak jest, co zapewne chcieliby wiedzieć wszyscy fizycy świata, także filozofowie, lecz odpowiada na pytanie: jak radzić sobie z tym, co jest, choć nieznanne (i być może niepoznawalne)? A to oznacza, że utrzymuje właściwości każdego mikroobektu

¹⁰⁶ Wg Abrahama Paisa, *Tu żył Albert Einstein*, op. cit., s. 56

na uwięzi warunków odpowiednich eksperymentów.

Mechanika kwantowa *implicite* zbudowana jest na czymś podobnym do wielokrotnie parafrazowanego w tej książce twierdzenia Kanta, będąc formą form wszystkich konstytutywnych związków mikroobiektów fizyki z przestrzenią empirii bezpośredniej, gdzie wobec żywego eksperymentatora, budującego różnorodne, realne układy eksperymentalne, mikroobiekt przejawiać się może na różne, nieprzywiedlne sposoby.

Ze względu na to, że ostatecznie wszelką wiedzę, dotyczącą mikroświata, dowieź musimy na poziom makroskopowy, w określone warunki eksperymentalne, w celu jej ewentualnego empirycznego sprawdzenia, cała fizyka mikroświata pozostaje pod kontrolą naszej makroskopowej, przetwarzającej aktywności, a także pod kontrolą teorii makroskopowych i zmysłowości wtórnej, współwarunkowanej biologicznie.

Jednakże "Według jego słów [chodzi o Bohra - RM] 'Są najróżniejsi ludzie, lecz sądzę, że nie od rzeczy jest twierdzić, że nikt z tych, których nazywa się filozofami, nie potrafi zrozumieć tego, co oznacza komplementarność opisu...'"¹⁰⁷ Jeżeli tak bywa także i dzisiaj, to może dlatego, że poprawnie pojęcie komplementarności da się zrozumieć jedynie z wewnętrznej perspektywy fizyki, a nie z perspektywy jej zewnętrznego oglądu?

Wydaje się, że wiele filozoficznych interpretacji mechaniki kwantowej, w tym tak różnych, jak prezentowane przez Wernera Heisenberga w jego książce *Fizyka a Filozofia*, ma podstawową wadę: nie uwzględniają one, że być może jest tak, iż '...mechanika kwantowa ani nie wyjaśnia świata, ani nie tłumaczy, dlaczego jest taki, jaki jest, lecz pozwala nam sobie z nim radzić'. I prostomyślni fizycy, wyposażeni tak jak my wszyscy w swoje władze poznawcze, zawieszani pomiędzy dwoma nieskończonościami (w szerz i w głęb), faktycznie dobrze radzą sobie z jej pomocą ze światem, *implicite* hołdując czemuś na kształt interpretacji kopenhaskiej.

Radzimy sobie z tym, co jest, startując od empirii, w ramach której określamy uprawnione obiekty mikrofizyki, w odniesieniu do układów eksperymentalnych, w których one występują jako takie, formułując następnie hipotezy, dotyczące właściwości tych mikroobiektów, i hipotezy te weryfikując lub falsyfikując eksperymentalnie, na wyjściowym poziomie empirii bezpośredniej. Przy czym w ramach mechaniki kwantowej hipoteza taka ma odpowiednio wypracowany kształt matematycznie określonej funkcji falowej.

Rozum jednak chce wiedzieć, jak jest, a nie tylko posiadać umiejętność radzenia sobie z tym, co jest. Dlatego zdarzyło się, że mikroobiekt fizyki, na przykład elektron, w różnych układach eksperymentalnych wykazujący różne, nieprzywiedlne właściwości, zinterpretowano jako obiekt fizycznie tożsamy. I okazało się, że te wyjściowe,

¹⁰⁷ Ibidem, s. 52

nieprzywiedlności klasyczne (fala albo cząstka na poziomie empirii bezpośredniej) mogły zostać łącznie ujęte jednolitym formalizmem matematycznym, z niekomutującymi operatorami, pozwalającym spójnie i ilościowo myśleć na poziomie teoretycznym tę tożsamość, z zasadą nieoznaczoności w roli głównej¹⁰⁸.

Niektórzy fizycy czy filozofowie, odpowiednio interpretując mechanikę kwantową i bazując na zasadzie nieoznaczoności, próbują odpowiedzieć na pytanie, jaka jest rzeczywistość mikroświata, lecz te ich odpowiedzi, gdy osadzone są na przykład w ontologicznym materializmie albo idealizmie, nie wydają się wiarygodne.

Mechanika kwantowa jako winda z otchłani rzeczywistości niezależnej

Świat fizyki wydobywany jest z rzeczywistości na miarę naszych władz poznawczych. Można przypuszczać, że ta rzeczywistość niezależna ujawnia swoją moc sprawczą na przykład wybuchami jądrowymi, kreacją i anihilacją... Czy jednak nasze umysły mają do niej dostęp?

Wydaje się, że to, co w teoriach klasycznych fizyki zawarte jest *implicite*: ruch od hipotezy do eksperymentu sprawdzającego, w fizyce kwantowej bywa dane *explicite*, na przykład formą "równania własnego" mechaniki kwantowej, takiego, jak na przykład:

operator x funkcja falowa = jedna z wartości własnych operatora x funkcja falowa.

Forma poznawczego sprzężenia świata makro i mikro, w przypadku obiektów takich, jak elektron czy foton, tym się różni od formy na przykład sprzężenia, konstytuującego gaz doskonały, że z powodu niejednoznaczności tych mikroobektów dana jest *explicite*,

¹⁰⁸ Paul Dirac, jeden ze współtwórców współczesnej mechaniki kwantowej, zwierzał się [*On the theory of quantum mechanics*, Proc. Roy.Soc. **A112**, 661, 1926; wg A.K. Wroblewski, *Historia Fizyki*], że „...podczas spaceru nagle przyszło mi na myśl, że komutator A razy B minus B razy A jest bardzo podobny do nawiasu Poissona, który wykorzystuje się w mechanice klasycznej, kiedy się ją formułuje w postaci hamiltonowskiej... To zapewniło bardzo ścisły związek między zwykłą mechaniką klasyczną, do której wszyscy byli przyzwyczajeni, i nową mechaniką, wprowadzoną przez Heisenberga, w której były wielkości niekomutujące... To, że zmienne używane do opisu systemu dynamicznego nie podlegają prawu przemienności mnożenia znaczy oczywiście, że nie są one liczbami w zwykłym sensie tego słowa używanym dotychczas w matematyce... Nie wiemy nic o tym jak powstają te niekomutujące liczby, poza tym, że podlegają zwykłemu prawu algebry z wyjątkiem prawa przemienności mnożenia...”

Warto dodać, że z matematycznego punktu widzenia zasada nieoznaczoności jest konsekwencją braku komutacji operatorów [jak chcesz wiedzieć, co to takiego, poszukaj w internecie], reprezentujących odpowiednie wielkości fizyczne, takie jak na przykład położenie i pęd, czas i energia,... Z drugiej strony wynik odpowiedniego pomiaru tego, co nazywamy np. pędem albo położeniem mikroobektu, zawsze wyrażony być może zwykłą liczbą, podległą klasycznej arytmetyce. W ramach mechaniki kwantowej mamy jednak alternatywę: albo dokładnie mierzymy pęd, albo położenie; nie da się tych wielkości zmierzyć jednocześnie z dowolną dokładnością.

mechaniką kwantową, nie zaś *implicite*, prostomyślnym ruchem poznawania, gdyż w sytuacji, gdy rozum nie może samoistnie zrozumieć natury tych mikroobiektów, fizycy musieli postawić na poprawność ich ujmowania, a nie na ostateczną i jednoznaczną wiedzę o ich naturze.

Sądzę, że w podstawową formę praw mechaniki kwantowej wpisana jest konieczność makroskopowego eksperymentu sprawdzającego. Tak się złożyło, że konieczność tę można było wyrazić spójnym aparatem matematycznym, uwzględniającym dualizm falowo-korpuskularny. Odpowiedni eksperyment sprawdza poprawność założonej funkcji falowej dla określonej, hipotetycznej sytuacji w mikroświecie. Podstawowa forma prawa generuje ruch od hipotezy, dotyczącej kwantowego mikroukładu, zawartej w odpowiednim sposobie matematycznego, nie pogładowego wymodelowania funkcji falowej, poprzez wygenerowanie, działaniem odpowiedniego operatora na funkcję falową, odpowiadających mu "obserwabli" (wartości własnych operatora), do empirycznego sprawdzenia poprawności tej hipotezy na poziomie makroskopowego eksperymentu.

Wszystko to jednak, co napisano powyżej, wymaga precyzyjnego sprawdzenia i wszechstronnego opracowania w ramach odpowiedniej interpretacji mechaniki kwantowej, z wykorzystaniem całego dostępnego aparatu matematycznego.

Mechanika kwantowa zdaje się być pewnego rodzaju wehikułem uniwersalnym, „dowożącym” w przestrzeń empirii bezpośredniej (czy w jej rozumiały, na przykład newtonowski model) wszystkie nasze hipotezy fizyczne, dotyczące możliwych drgnień głębi rzeczywistości, jakoś przejawiających się w makroświecie, w tym zmianą koloru, temperatury, smaku, zapachu, twardości czy tekstury. A także wybuchem jądrowym, kreacją czy anihilacją cząstek, i być może naszym brakiem zrozumienia pewnych aspektów wszechświata, zmuszających nas do postulowania istnienia "czarnej energii czy materii".

Rozwińmy tę analogię. Ten uniwersalny wehikuł - wyobraźmy go sobie jako coś na kształt windy głębinowej - zbudowany jest z klasycznie niekompatybilnych elementów, takich jak fale i cząstki. Gdy wysyłamy go w mikroświat, ginie z pola widzenia; „rozpływa się” w czeluściach rzeczywistości. Po chwili jednak pojawia się w polu widzenia rozumu, jako zwarta forma, utrzymywana w jedności siłą umysłu (zasada komplementarności). W przypadku analogii z windą moglibyśmy powiedzieć, że windę utrzymuje w jednym kawałku sposób (matematycznej) konstrukcji szybu, nie zaś jednorodne spoiwo niezależnie łączące jej elementy. Nasz wehikuł, zniżając na powierzchnie, składa się z jednego, nieprzezroczystego dla umysłu pomieszczenia z wrotami, w którym znajduje się raczej coś, niż nic. Zanim wrota otworzą się, nie wiemy, co się w nim znajduje: fala czy cząstka. Co więcej, nie mamy żadnej metody, by to wiedzieć, a nawet poszukiwanie takiej metody byłoby błędem. W pomieszczeniu wehikułu, gdy jest on szczelnie

zamknięty, znajduje się coś nieokreślonego z zasady. Co w nim znajdziemy, zależy od tego, czy wehikuł zatrzyma się na stacji CZĄSTKA czy FALA. Wtedy, gdy wrota się otworzą, w odpowiednim przedsiönku pojawiają się fale albo cząstki, ujawniając się jako takie w odpowiednio wyposażonych przeczekalniach (układach obserwacyjno-eksperymentalnych), wobec eksperymentatorów, spoglądających na te mikroobiekty poprzez pryzmat klasycznych przyrządów pomiarowych.

Rozum nie byłby jednak sobą, gdyby nie zechciał jakoś sobie wyobrazić tej otchłani, z której winda przybywa, w taki sposób, aby uzasadnić ten dualizm. Tworzy więc teorię mikroświata, z zasadą nieoznaczoności w roli głównej, wykorzystując odpowiednią matematykę i prostomyślnie sądząc, że to ona właśnie umożliwia mu dotarcie do rzeczywistości, gdy tymczasem wyraził tylko *explicite* formę poznawczego sprzężenia poznającego podmiotu z rzeczywistością, leżącą u podstaw świata makroskopowego.

Władysław Natanson pisał: „Poznaliśmy lepiej świat zjawisk i rozumiemy bez porównania jaśniej aniżeli myśl grecka, że krążymy po jego powierzchni, że go nie przenikamy, kołysani o nim wciąż opowieścią [...] Istoty rzeczywistości nie znamy i nie próbujemy wcale jej poznać; badamy stosunki przemian, związania zjawisk; takie badanie jest treścią nauki i powinno pozostać całkowitą jej troską”¹⁰⁹. Pytanie, czy Natanson ma tu rację, pozostaje jednak otwarte.

Status mechaniki kwantowej

Wydaje się, że jak dotąd nie ma, po prawie 100 latach od momentu sformułowania podstaw mechaniki kwantowej, niczego, co by podważyło poprawność wykorzystywanego w ramach tej teorii formalizmu matematycznego, czy podstawowe, swoiste zasady mechaniki kwantowej, w tym na przykład zasadę nieoznaczoności. Dlaczego tak się dzieje?

Szkicowaną w tym rozdziale próbą ogarnięcia mechaniki kwantowej próbuje wyjaśnić także, dlaczego mechanika kwantowa zdaje się być teorią trafioną i dlaczego *być może* będzie taką po wsze czasy.

Mechanika kwantowa wydaje się być w swoich podstawach teorią ustaloną raz na zawsze, gdyż jej przedmiotem jest forma specyficznego, poznawczego sprzężenia człowieka z przyrodą, konstytuująca się na styku świata mikro i makro, w ruchu od makrozjawisk, ujmowanych zrazu fenomenologicznie i fragmentarycznie, poprzez syntetyzujące, choć nie poglądowe hipotezy, dotyczące mikroskopowej podstawy tych zjawisk, do zjawisk makroskopowych, zachodzących teraz już nie w przestrzeni empirii

¹⁰⁹ Władysław Natanson, *Wspomnienia i szkice*, op. cit., ss. 116, 127.

bezpośredniej, lecz - docelowo - w czaso-przestrzeni euklidesowo-newtonowskiej, najbliższej empirii bezpośredniej, w której hipotezy te sprawdzamy empirycznie, wykorzystując klasyczne przyrządy pomiarowe.

I nic więcej umysł aktywnego poznawczo człowieka, żyjącego w świecie empirii bezpośredniej i podejmującego problem natury przyrody, nie jest w stanie zaproponować. Przy czym to już jest pewną właściwością świata makro, że istnieje tu alternatywa fala - cząstka. Gdyby nie było tej alternatywy albo gdybyśmy mieli do czynienia z innym przeciwstawieniem, pojawiłoby się coś innego, aniżeli na przykład zasada nieoznaczoności w znanym nam sformułowaniu. Mechanika kwantowa nie jest czystym formalizmem, także mówi coś o rzeczywistości, jednakże nie o tej, którą jej przypisujemy.

Mówiąc elektron lub foton, zwykle myślimy o nich niezależnie od tych eksperymentów, które je współkonstytuują jako obiekty fizyki i dziwimy się, że posiadają one takie właściwości, że aż trzeba postulować komplementarność. Tymczasem mikroobiekt zawsze pozostaje na uwięzi eksperymentów makroskopowych, przeprowadzanych w przestrzeni empirii bezpośredniej, przez człowieka, usytuowanego w fizycznym laboratorium, związanym z jakimś obiektem makroskopowym, posiadającym masę i poza tym sprzężeniem poznawczym człowieka z przyrodą, *explicite* wyrażonym formą mechaniki kwantowej, utrzymującym mikroobiekt przy życiu, nie musi on istnieć jako taki. A jeżeli istnieje, to właśnie to powinno zostać dowiedzione, a nie odwrotnie.

15. Formy świata fizyki

W niniejszym rozdziale zawarłem ogólne podsumowanie tego wszystkiego, co pisałem wcześniej na temat możliwych form świata fizyki. Przy czym miejscami występują pewne powtórzenia, bez których nie byłbym w stanie całościowo i zrozumiale, a przy tym syntetycznie, przedstawić tych form.

Władysław Natanson pisał: „Nie jestże świat może wnioskiem, konkluzją, dogodną konstrukcją, pożytecznym skróceniem, figurą mowy, którą naiwnie, pośpiesznie podsunęły nam elementarne warunki naszego istnienia?”¹¹⁰

Jako podmioty poznawania przyrody jesteśmy obiektami świata makroskopowego, zawieszonymi pomiędzy nieskończonościami w głąb i wszerz. Można określić formy, związane z naszym usytuowaniem w rzeczywistości i biorącą się z tego pewną logikę rozwoju fizyki nowożytnej. Nie można sobie nawet wyobrazić, że najpierw mogłaby powstać fizyka kwantowa, a dopiero potem mechanika klasyczna, choć, z drugiej strony, łatwo sobie wyobrazić sytuację, w której najpierw powstaje kosmologia (co zresztą miało miejsce), a dopiero potem fizyka nowożytna.

Władysław Natanson: „Nauka rozwija się przed naszymi zdziwionymi oczyma; rozwija się zaś według praw niewzruszonych. Nie znamy dzisiaj tych praw i historia nauki jest dotychczas prostą opowieścią jej dziejów; lecz skoro w niej odwrócimy uwagę od ludzkich, zatem małych i błahych wydarzeń, gdy pominiemy próby bezpłodne, dążenia zawodne, upodobania nietrwałe, cóż dostrzeżemy w nieustannym przeobrażaniu się oblicza nauki? Dostrzeżemy, że pomimo pozornych zmian i przewrotów pokolenia na ogół ciągną cierpliwie przekazaną im pracę duchową, rozszerzając i udoskonalając ją nieraz, bardzo rzadko stawając z nią w istotnej sprzeczności. Dostrzeżemy, że poznawanie natury rozrasta się i pogłębia niemal automatycznie, według wzorów, które nauka biologii wyjaśnia. Zauważymy, że uogólnienia, które stanowią klucz wiedzy, wynikają z poprzedzających prac i zdobyczy niejako same przez się, często bez świadomego zamiaru badaczy i twórców, niekiedy wbrew ich odmiennym usiłowaniom. Zrozumiemy wówczas, że w prawdziwej swej treści rozwój nauki jest nieprzerwany, jest nieprzypadkowy, że (w ścisłym znaczeniu wyrazu) jest ciągły, że dokonywa się, jak gdyby był dyktowany przez spokojną konieczność.”¹¹¹

Feynman to samo wyraził inaczej. "Twórczość naukowa - mówił - to wyobraźnia w kaftanie bezpieczeństwa. 'Całe to zagadnienie wyobraźni w nauce często jest źle

¹¹⁰ Władysław Natanson, *Wspomnienia i szkice*, op. cit., s. 153-154

¹¹¹ Ibidem, s. 75

zrozumiane przez ludzi z innych dyscyplin naukowych. (...) Przeoczą oni fakt, że wszystko, co wolno nam sobie wyobrazić w nauce, musi być zgodne ze wszystkim, co już wiemy..."¹¹²

Ze względu na nasze usytuowanie jako świadomych podmiotów poznawania, oraz konstruktywne i całościujące właściwości rozumu, wydobywającego świat fizyki, jest tak, że to, co wcześniejsze w fizyce, w pewien sposób warunkuje późniejsze. Te późniejsze i zwykle głębsze teorie, powstając dyktowane przez „spokojną konieczność”, zakotwiczone są w dobrych teoriach wcześniejszych, będąc równocześnie ich specyficznym pogłębieniem lub przełamaniem. Jak te zakotwiczenia się realizują? O tym w następnych podrozdziałach.

Czyste formy makroświata

Czysta fizyka makroskopowa jest tym, co nie potrzebuje osadzenia w czymś bardziej podstawowym w celu eliminacji wtórnych jakości zmysłowych.

Co znajdujemy na poziomie makroskopowym? Euklidesowo-newtonowskie czas i przestrzeń, podległe ogólnej zasadzie kosmologicznej, jako nieograniczone „naczynie” dla obiektów masowych, w ramach mechaniki klasycznej nie posiadających wtórnych jakości zmysłowych, oraz pole (i fale) elektromagnetyczne bez falującego ośrodka.

Na poziomie makroskopowym odnajdujemy także pręty pomiarowe i zegary (wiedza o ich wewnętrznej budowie nie jest nam tu do niczego potrzebna, bo przecież np. do pomiaru czasu wystarczy obserwacja ruchu gwiazd na sklepieniu niebieskim), pozwalające za sprawą sygnałów świetlnych mierzyć obiekty oraz określać sposób ich ruchu.

Możliwe stają się podstawowe definicje kinematyczne. Punktem odniesienia dla wszelkiej zmiany i ruchu staje się forma absolutnej, euklidesowej czaso-przestrzeni newtonowskiej (prędkość=droga/czas). Przy czym obowiązuje zasada równoważności wszystkich momentów i miejsc w czaso-przestrzeni. Domyślne nie ma wyróżnionego układu odniesienia. Odpowiednie poszukiwania takiego układu rozpoczęto dopiero wraz z wykryciem fal elektromagnetycznych (poszukiwania spoczywającego eteru).

Wszystko, co z głębin Natury dociera na poziom bezpośrednio empiryczny fizyki, do realnego laboratorium, musi przejść poprzez graniczną bramę euklidesowo-newtonowskiej czaso-przestrzeni. Wszystko wobec nas objawia się w przestrzeni empirii bezpośredniej, przy czym umieszczamy to myślą w odpowiedniej czaso-przestrzeni, nieskończonej, jednorodnej i izotropowej.

¹¹² Wg: James Gleick, *Geniusz...*, op. cit., s. 326

Z punktu widzenia fizyki nowożytnej, w ramach której eksperyment sprawdzający jest czymś absolutnie konstytutywnym, mówić można o więzach czasoprzestrzennych wszelkich zjawisk, gdyż w obszar czaso-przestrzeni sprowadzamy najgłębsze nawet drgnienia Natury, po to, by mieć nad nimi empiryczną kontrolę.

Co wnosi matematyka w fizykę? Być może jest ona teorią potencjalnych (możliwych?) form wypełniających tę pustą czaso-przestrzeń Newtona (por. jeden z wcześniejszych rozdziałów). Z drugiej strony matematyka współkonstruuje fizykę, jaką znamy, często jako jej "tworzywo własne". W teorii Maxwella pojawiają się fale elektromagnetyczne, bez falującego ośrodka. Można przypuszczać, że zostały wprowadzone w fizykę w wyniku pewnych właściwości matematycznych czaso-przestrzeni. I zapewne rację ma Hertz, gdy pisze: „Trudno jest oprzeć się poczuciu, że wzory matematyczne są obdarzone niezależnym istnieniem i własną inteligencją, że są mądrzejsze od nas, mądrzejsze nawet od swych odkrywców, że wyciągamy z nich więcej, niż pierwotnie w nie włożono.”

W fizyce makroświata obowiązuje zawsze jakaś zasada równoważności pewnych układów odniesienia, takich, z którymi można związać układ laboratoryjny z obserwatorem i wykonawcą różnych eksperymentów. Istnieją także odpowiednie równania transformacyjne. Gdy nie wszystkie takie układy są równoważne, co zdarzyło się dopiero wraz z powstaniem ogólnej teorii względności, to trzeba odpowiednią zasadę sformułować *explicite*.

Badamy bezpośrednio powtarzalność zjawisk ruchu mechanicznego, w eksperymentach, w których warunki początkowe czasu (włączenie "stopera") i miejsca (punkt w czaso-przestrzeni, w którym w momencie włączenia stopera znajduje się badany obiekt w ruchu lub w spoczynku), są dobrze określone.

Z nałożenia naszej aktywności obserwacyjno-eksperymentalnej na samoistny, taki a nie inny ruch obiektów masowych, w prostomyślnym myśleniu, nie dostrzegającym umysłu jako współwarunku wiedzy, wykrystalizowała się idea determinizmu. Przy czym determinizm nie jest wynikiem jakiejś tajemniczej, wykrytej dopiero przez Newtona natury zjawisk mechanicznych, lecz tylko zgrabnym wyrażeniem tego, co pozwala nam, jako nowożytnym eksperymentatorom, na takie a nie inne funkcjonowanie poznawcze wśród zjawisk ruchu.

W euklidesowo-newtonowskiej czaso-przestrzeni możliwe do pomyślenia są następujące formy ruchu: korpuskularny, falowy i obrotowy. Możliwych jest także na przykład tylko 5 tzw. brył platońskich. Czasoprzestrzeń ma pewne właściwości, ujmowane przez matematykę, wpływające na sposób uformowania ciał realnych, a także ich zachowania się, a poprzez to na sposób przejawiania się na przykład elektryczności czy światła.

Jeżeli przyjmiemy, że fale elektromagnetyczne są pewnym szczególnym przejawem czegoś rzeczywistego, realizującym się poprzez pewną możliwą formę czaso-przestrzeni, wówczas tej formie odpowiada wprowadzona dla tych fal transformacja Lorentza. W związku z tym możliwe stało się ugruntowanie całej empirycznie sprawdzalnej fizyki w transformacji Lorentza (i szczególnej teorii względności).

Kosmos ogarniamy, posiłkując się teorią względności, ugruntowaną w ogólnej zasadzie równoważności, rozciągając go wstępnie, za sprawą specyficznego funkcjonowania naszych umysłów, w nieskończony Wszechświat bez "okien", którego środek jest wszędzie, a powierzchnia nigdzie (Pascal). W związku z pewnymi faktami empirycznymi postuluje się, że Wszechświat powstał w momencie tzw. Wielkiego Wybuchu i nadal się rozszerza. Może być także ograniczony - mówi się o tzw. "promieniu wszechświata", podając nawet niekiedy jego wartość. Powstaje jednak pytanie, jak się ma fizyczny obraz kosmosu, do rzeczywistości Kosmosu?

Forma sprowadzenia teorii fenomenologicznej do podstawowej

Czystym formom makroświata można przeciwstawić formy makroskopowe skażone, fenomenologiczne, dotyczące wprawdzie poziomu makroskopowego, lecz obciążone wtórnymi jakościami zmysłowymi, domagającymi się eliminacji, drogą głębszego zakorzenienia obiektów i zjawisk obserwowalnych bezpośrednio. Powstaje intuicja układu (np. termodynamicznego) jako "czarnej skrzynki", do której chcielibyśmy wniknąć rozumem.

Przykładem „czarnej skrzynki”, przynajmniej w odniesieniu do 19-to wiecznej fizyki, może być cylinder z tłokiem, wykorzystywany w różnego rodzaju eksperymentach z gazami. Potrafiliśmy efektywnie wprowadzić w nią rozum. A także - uwaga! - nieuchwytna podstawa mikroświata, w którą wprowadzić rozumu nie potrafimy (np. teoria Bohma parametrów ukrytych, nie znajdująca potwierdzenia empirycznego).

„Czarna skrzynka” posiada pewne właściwości zewnętrzne oraz specyficznie reaguje na różnorodne bodźce, zwykle w sposób niejednorodny z przyczyną. Istnieje w niej coś, co stwarza te niejednorodności. Idzie o to, by znaleźć odpowiedni mechanizm wewnętrzny, jednorodnie wyjaśniający zewnętrzne właściwości skrzynki.

Cylinder z tłokiem, zdolny do wykonania pracy mechanicznej także pod wpływem ogrzania, jest czarną skrzynką, o określonych właściwościach wewnętrznych, pozwalających na sprowadzeni ciepła i pracy do jednorodnej podstawy. Natomiast masa, nabierając prędkości pod wpływem działania grawitacji, nie jest czarną skrzynką, gdyż przyczyna i skutek, jak wiadomo z ogólnej teorii względności (postulowana tożsamość masy bezwładnej i grawitacyjnej), są fizycznie jednorodne.

Teorie fenomenologiczne dotyczą zewnętrznych właściwości czarnej skrzynki. Obejmują swoim zasięgiem zjawiska powierzchniowe, próbując łączyć w łańcuchy przyczynowo-skutkowe reakcje skrzynki na bodźce, niejednorodne z przyczyną. Elementem takiej teorii fenomenologicznej jest na przykład równanie, uzyskanie na gruncie empirycznych badań gazów rzeczywistych, łączące tzw. wielkości ekstensywne (ciśnienie i objętość) z wielkością intensywną, jaką jest temperatura gazu.

Fizyk, chcąc sprowadzić powierzchniowe niejednorodności „czarnej skrzynki” do tego samego, postuluje istnienie pewnego „wypełniacza” skrzynki (mogą to być fale albo cząstki) i funkcjonującego tam mechanizmu, przekształcającego wielkości niejednorodne, takie jak na przykład ciśnienie i temperaturę, w jednorodne, na przykład mechaniczne: ciśnienie i średnią energię kinetyczną. Musi jeszcze zostać sformułowana zasada, określająca naturę związku wnętrza skrzynki z jej zewnętrżnością. Na przykład w przypadku gazu doskonałego to związanie wnętrza z zewnętrżnością realizuje się w zderzeniach cząstek gazu ze ściankami naczynia. Powstaje teoria podstawowa, jednorodnie wyjaśniająca niejednorodne zjawiska, zachodzące na powierzchni „czarnej skrzynki”.

Budując odpowiednią teorię podstawową zakłada się, że właściwości tego „wypełniacza” czarnej skrzynki oraz natura związku wnętrza z zewnętrżnością powinny być w pełni zrozumiałe.

Po to, aby zrozumieć, co i jak dzieje się we wnętrzu „czarnej skrzynki”, posiadającej pewne właściwości makroskopowe, pragniemy więc przed wszystkim innym jakoś to wnętrze uczynić poddanym umysłowi (i rozumowi). Konkretyzujemy więc to wnętrze tym, co skądinąd zrozumiałe. Zwykle są to wyobrażenia, zaczerpnięte z makroświata. Poza tym na wnętrze „czarnej skrzynki” rozciągamy absolutną, euklidesowo-newtonowską czaso-przestrzeń, potencjalnym obiektom wnętrza przypisujemy jakości pierwotne, co pozwolić ma na efektywne wykorzystanie matematyki, wprowadzamy do wnętrza logikę naturalną, przyczynowość i determinizm. Ponadto wstępnie zakładamy, że obiekty wewnętrzne podlegają prawom mechaniki klasycznej, będąc bądź korpuskułami, bądź falami.

Następnie formułujemy jakąś hipotezę, dotyczącą obiektów wewnętrznych i ich właściwości, empirycznie sprawdzalną w makroświecie. Może ona na przykład ukonstytuować zbiór chaotycznie poruszających się cząstek „gazu doskonałego”, lub jakąś superpozycję fal stojących.

Zauważmy, że ani zbiór cząstek, ani superpozycja fal stojących w jakimś ośrodku nie musi, jak dotąd, odpowiadać czemuś realnemu. Na przykład w przypadku teorii gazu doskonałego istotny jest zbiór cząstek, posiadających typowe właściwości mechaniczne, nie zaś każda z tych cząstek oddzielnie. Tym obiektem fizyki jest tu zbiór cząstek a nie

odrębna cząstka. Dlatego są to cząstki „bez właściwości”; właściwości te wprowadza dopiero teoria Wan der Wallsa. Sam model gazu doskonałego nie uzasadnia jeszcze atomizmu!

Po takich zabiegach możemy w obszar wnętrza „czarnej skrzynki” wprowadzić rozum, i przekształcać odpowiednio myślą jej obiekty w rytm ich eksperymentalnie stwierdzanych, zjawiskowych manifestacji na poziomie świata makro. W przypadku gazu doskonałego to „przekształcanie myślą” dotyczy zmiany gęstości upakowania cząstek, ich masy i średniej prędkości cząstek.

W stosunku do tego, co dotąd napisałem na temat formy związku teorii fenomenologicznych i podstawowych, dochodzą jeszcze dwie sprawy.

Po pierwsze, teorie fenomenologiczne, powierzchniowe, operują zwykle, w pewnym zakresie, wtórnymi jakościami zmysłowymi, obiektywizując je specyficznymi metodami pomiaru. Mam tu na myśli na przykład przyrząd taki, jak termometr, którego działanie bazuje na empirycznym prawie Hooke'a, dotyczącym rozszerzalności ciał wraz ze wzrostem temperatury, zaś skalę temperatur konstruuje się na bazie innych naocznych zjawisk. Dobra teoria podstawowa (na przykład teoria gazu doskonałego) eliminuje jakości wtórne, także z opisu zewnętrznego „czarnej skrzynki”. Prawo Hooke'a jako podstawa pomiaru temperatury wprawdzie nadal jest ważne, lecz istotę pomiaru temperatury termometrem uzasadniają prawa głębsze. Zmienia się także sposób konstrukcji skali temperatur (bezwzględna skala temperatur), uniezależniając mierzoną wartość temperatury od jakichkolwiek odczuć zmysłowych.

Po drugie, w pewnych eksperymentach mogą zostać wykryte mikroobiekty realne, posiadające właściwości nie tylko mechaniczne (np. molekuly, atomy). Nowa sytuacja problemowa powstaje, gdy cząsteczki wypełniające czarną skrzynkę zostaną wykryte niezależnie. W teorię gazu trzeba wtedy wprowadzić odpowiednie poprawki na właściwości konkretnych już mikroobiektów. Zbiór mikrocząstek urealnia się.

Forma redukcji jakości wtórnych do pierwotnych

To, czym fizyka wyjaśnia wtórne jakości zmysłowe (np. kolor, ciepłotę, temperaturę, smak, zapach), samo takich jakości mieć nie może, a więc nie może być przedmiotem bezpośredniej percepcji zmysłowej z *zasady*. Z apriorycznej konieczności musi więc być obiektem nie-„naocznym”, przy czym podległym pewnym prawom fizyki, warunkującym odpowiednie przejawianie się w zmysłowym świecie, i posiadającym co najwyżej zmysłowe jakości pierwotne. W kontekście rozważań, przeprowadzonych w podrozdziale poprzednim, znaczy to, że poszukuje się takich wyjaśnień natury wnętrza „czarnej skrzynki”, które umożliwią powrót na poziom fenomenologiczny wyłącznie w obszar

czystych form makroświata, obejmujących to z fizyki, co nie potrzebuje osadzenia w czymś bardziej podstawowym w celu eliminacji wtórnych jakości zmysłowych.

Teorie podstawowe sprowadzają naszą zmysłowości wtórną do pierwotnej i matematyki, na gruncie wiedzy o świecie makroskopowym i wyprzedzającej aktywności eksperymentalno-obszaryjnej w świecie makro.

Ponieważ często mikroskopowe wnętrze „czarnej skrzynki” jest wstępnie modelowane z użyciem czystych form makroświata, powstaje wrażenie, że mikroświat niczym w zasadzie nie różni się od makroświata; że istnieje ciągłość pomiędzy światem mikro a makro i że różnice są jedynie kwestią skali, co nie musi być (a sądzę, że faktycznie nie jest) prawdą.

Mamy więc do czynienia z formą ruchu od teorii fenomenologicznej (z obiektywizacją wtórnych jakości zmysłowych; np. pomiar temperatury termometrem, a nie bezpośrednim dotykiem i odczuciem ciepła bądź zimna), poprzez teorię podstawową z wbudowanym mechanizmem eliminacji tych jakości (np. temperatura w skali bezwzględnej), oraz powrót na poziom makroskopowy w dziedzinę jakości pierwotnych, w zobiektywizowaną przestrzeń empirii (w więzy euklidesowo-newtonowskiej czasoprzestrzeni).

Ciągłość albo ziarnistość wnętrza „czarnej skrzynki”

Założmy, że chcemy sprowadzić pewne zjawiska dostępne zmysłowo, obserwowane w makroświecie, do ich mikroskopowej, nie naocznej podstawy. Możemy sobie tutaj radzić na dwa sposoby, zakładając, że mikroskopowa podstawa tych zjawisk jest albo ciągła, albo ziarnista. W przypadku pierwszym możemy przyjąć, że podstawą tych zjawisk makroskopowych jest specyficznie falujący ośrodek ciągły. W przypadku drugim - że są nią specyficznie zachowujące się i oddziałujące na siebie ziarna materii. W obydwu zaś przypadkach założyć musimy, że obiekty te nie posiadają wtórnych jakości zmysłowych (np. nie są kolorowe czy ciepłe). Nie byłby więc kolorowy i ciepły światłonośny eter, cieplik lub fluid elektryczny; nie są także kolorowe i ciepłe cząsteczki gazu doskonałego, a także pojedyncze elektrony czy neutrony.

Gdy chcemy jakoś wymodelować mikroświat na gruncie tego, co znane i zrozumiałe, powinniśmy go wtłoczyć albo w formę fali, albo cząstki. Dualizm falowo-korpuskularny mechaniki kwantowej jest specyficzną syntezą formy falowej i korpuskularnej, form wcześniej określonych w obszarze makroświata. Tę syntezę w ramach mechaniki kwantowej wyraża na przykład pojęcie „paczki falowej”.

Możemy także zrezygnować z jakiegokolwiek modelowania świata mikro, bazując na

przykład tylko na zasadzie zachowania energii (I zasadzie termodynamiki), i traktując mikroświat tylko jako pośrednika w przemianach zjawisk i obiektów makroskopowych (np. różne formy energetyzmu).

Forma istnienia mikroobektu fizyki

Niewidoczny bezpośrednio mikroobekt, gdy badany eksperymentalnie, „osaczony” jest przez ogólnie zrozumiałe dla eksperymentatora realności układu eksperymentalnego, także jako (częściowo) zrozumiały obekt ogólny.

W odniesieniu do mikroobektu fizyki, takiego jak na przykład elektron, proton czy foton, można byłoby powiedzieć (tę parafrazę znanego twierdzenia Kanta przytaczam po raz któryś, zwykle jednak w innym kontekście), że 'ogólne warunki możliwości eksperymentu makroskopowego, dotyczącego właściwości mikroobektu, są zarazem warunkami możliwości przejawiania się na poziomie makro samego mikroobektu, odpowiednio określonego, jako uprawnionego obektu fizyki.'

Fakt posiadania przez mikroobekty właściwości zarazem falowych i korpuskularnych nie wynika z właściwości omawianej tu formy „kantowskiej”. To rzeczywistość niezależna, leżąca u podstaw takich eksperymentów, swoiście przejawiała się poprzez formę związku makro i mikroświata, wypełniając na poziomie makroskopowym wszystkie możliwe formy czaso-przestrzenne.

Rozmyślający nad naturą mikroobektu fizyk-teoretyk (lub filozof fizyki) zwykle rozrywa sprzężenie poznawcze pomiędzy podmiotem i przyrodą (czy Naturą, jak pisze Natanson), które ten mikroobekt ukonstytuowało. Nie zauważając pośredniczącego eksperymentatora z jego umysłem i aktywnością w świecie wyrywa mikroobekt fizyki z odpowiadających mu kontekstów eksperymentalnych, i uogólnia w samoistny obekt rzeczywistości fizycznej.

Każda zaawansowana, ogólna teoria takiego mikroobektu (np. elektronu), tworzona przez rozum, wedle jego własnej inicjatywy i na miarę jego całościująco-dialektycznych właściwości, musiałaby odtąd wyjaśniać wszystkie jego właściwości, w tym do siebie nieprzywiedlne, jako obektu samoistnego, i w oderwaniu od eksperymentów konkretnych. A tymczasem mikroobekt zawsze pozostaje na uwięzi eksperymentów makroskopowych, przeprowadzanych w przestrzeni empirii bezpośredniej.

Przy czym nie idzie tu o prostą konstatację, że sama obserwacja mikroobektu zaburza jego stan, w tym sensie, że obserwacja zawsze jest związana z oddziaływaniem na przykład fotonu na mikroobekt; idzie o to, że sam mikroobekt istnieje jako taki a nie inny obekt fizyki w odniesieniu do warunków makroskopowych, w jakich się przejawia

wobec eksperymentatora.

W mikroobiekcie fizyki zawarta jest droga, która doprowadziła do niego fizyków, choć być może przejawia się przezeń także niezależna rzeczywistość. I kiedy tenże sam mikroobiekt fizyki istnieje w pewnych warunkach jako cząstka, a w innych jako fala, zaś warunki te (forma sprzężenia poznającego podmiotu z przyrodą) nie są uwzględniane przez syntetyzujący rozum, mamy problem, który próbujemy rozwiązać formułując na przykład różnorodne interpretacje mechaniki kwantowej.

Na koniec odnieśmy się jeszcze do fizyki współczesnej. Rzecz idzie o poszukiwania bozonu Higgsa, którego znalezienie mogłoby uzasadnić tzw. model standardowy cząstek elementarnych (a przynajmniej jedną z jego wersji). Powstaje jednak pytanie: czego w istocie dotyczy model standardowy? Czy obiektywnie i samodzielnie istniejących cząstek elementarnych, czy całościowego sposobu ich przejawiania się na poziomie makroskopowym, jako uprawnionych, "kantowskich" mikroobektów świata fizyki? W świetle rozwijanej tutaj *meta*-fizyki ta druga możliwość daje się sensownie i spójnie pomyśleć.

16. Zakończenie

Sądzę, że szkicowaną tu *meta-fizykę* charakteryzuje rzeczywista nowożytność i pewna istotna przełomowość. Na przykład „zwraca” ona fizykę prostomyślną wzbogaconą w nowe możliwości interpretacyjne oraz zawiera pewną istotną wiedzę o człowieku jako podmiocie poznawania. Utrzymując naturalne (prostomyślne) poznawanie jako swoją podstawę, sytuuje się przed wiedzą dotyczącą świata fizyki, wyrażając jej podglebie.

Rozważania, zawarte w tej książce, które chciałbym postrzegać jako pewną, może niedoskonałą, explikację intuicji Władysława Natanson, dotyczących natury naszej wiedzy przyrodniczej, można także postrzegać jako próbę „galileuszowo-newtonowskiego” pogłębienia filozoficznego „kopernikanizmu” Immanuela Kanta. Być może są one także pewnym szczególnym rozwinięciem intuicji filozoficznych Nielsa Bohra, Richarda Feynmana, miejscami Alberta Einsteina, a może także innych, sensownych fizyków...

Niniejszy tekst jest także pewnego rodzaju prezentacją rozległego programu badawczego (którego oczywiście sam nie jestem w stanie zrealizować). Mógłbym przytoczyć wiele szczegółowych zagadnień filozoficznych, fizycznych, dotyczących przyrody i człowieka, które mogłyby zostać efektywnie podjęte. Sytuacja jest chyba podobna jak w przypadku fizyki nowożytnej, rozwijanej już i pogłębianej przez setki lat, a jej końca nie widać. Myślę zresztą, że uważny czytelnik zdążył zauważyć pewną nieokreśloną otwartość problemową przedstawionej tu teorii stosunku świata fizyki do rzeczywistości.

W związku z rozwijaną w tej książce *meta-fizyką* pojawiają się pytania, których nie można było wcześniej zadać, oraz problemy, których nie można było wcześniej pomyśleć. Możliwa staje się nowa jakość nauk przyrodniczych, a może także humanistycznych.

Można na przykład zapytać, jakie warunki musiałyby zostać spełnione, aby można twierdzić, że pewien fragment naszej wiedzy dotyczy bezpośrednio rzeczywistości? Czy możemy znaleźć w fizyce jakieś fragmenty wiedzy o świecie, odpowiadające wprost, ponad formą poznawczego sprzężenia podmiotu z Naturą, na pytanie co i jak jest? Moglibyśmy wtedy powiedzieć, że rzeczywistość przejawia się lub ujawnia poprzez zasłonę formy. Czy i jak mogłoby to być możliwe?

Zaprezentowana teoria tylko pozornie jest ograniczona do fizyki nowożytnej. Poznanie naukowe postrzegane jest współcześnie jako wyjątkowo wartościowe, w związku z czym – budując jakąkolwiek teorię poznania – zapewne trzeba rozpoczynać od próby wyjaśnienia jego natury. Jednakże rzeczywistym podmiotem poznającym jest żywy

człowiek z wszystkimi swoimi właściwościami poznawczymi, osadzony w tym (anty)systemie jako jego niezbywalny element, stanowiąc jego jądro.

Podjąłem więc także próbę rozpoznania poznawczej natury nowożytnego fizyka w sposób nienaruszający jego wolności i otwartości poznawczej. Jednakże po zniesieniu założeń ograniczających człowieka do nowożytnego pomiotu poznawania można podążać w kierunku rozpoznania natury człowieka pełnego. I może się wówczas okazać, że jedna z dróg do dobrej wiedzy o człowieku, być może główna, wiedzie przez właściwe rozpoznanie natury naszej wiedzy dotyczącej przyrody.

Jaki byłby więc następny etap badań? Powinna zostać dogłębniej przebadana forma poznawczego sprzężenia człowieka z Naturą, oraz przeprowadzona analiza fizyki w aspekcie tego, co i jak w niej rzeczywiste. Jednym słowem powinna zostać podjęta praca u podstaw, w celu głębszego zdefiniowania fizyki, zgodnie z następującą intuicją Natansona: "Gdy zajmujemy się fizyką, celem naszym nie jest wykonywanie doświadczeń lub przedsięwzięcie pomiarów; celem naszym nie jest układanie wzorów i równań lub prowadzenie rachunków. *Celem naszym jest wówczas poznanie stopnia możliwości, którą obdarzeni jesteśmy, ujmowania prawidłowości w zjawiskach Natury* [podkreślenie moje – R.M.]"¹¹³.

Może się przy tym okazać, że odpowiednia metoda badawcza prowadzić będzie także do nowych odkryć w fizyce, wtedy już nie tyle nowożytnej, co raczej *post*-nowożytnej.

Wydaje się, że prostomyślna nauka Zachodu, jako narzędzie poznawania rzeczywistości, wyczerpuje swoją formułę. Być może potrzebne jest nowe otwarcie, przewyciężające jej ograniczenia. Na koniec przytoczę więc „proroctwo” Natansona: „Nauka będzie kiedyś zjednoczoną analizą jednego, jedyne go faktu: poznawania ludzkiego”¹¹⁴. Sądzę, że Natanson wiedział, co mówi.

¹¹³ Władysław Natanson, *Wspomnienia i szkice*, op. cit., s. 54.

¹¹⁴ *Ibidem*, s. 404.

17. Bibliografia

(zawiera niektóre pozycje podręczne)

- Władysław Natanson, *Wspomnienia i szkice*, Kraków 1977.
- Alice Calaprice, *Einstein w cytatach*, przeł. Marek Krośniak, Warszawa 1997
- Witold Gombrowicz, *Dziennik t. 1-3*, Wydawnictwo Literackie, 1986 r.
- Encyklopedia filozofii* pod redakcją Teda Hondericha, przekł. Jerzy Łoziński, Kazimierz Świrydowicz, Roman Matuszewski, Poznań 1998, t.. 1 i 2.
- Philippe Kaplaun, *Trzy filary zen*, przekład Jacek Dobrowolski, Wydawnictwo Pusty Obłok, 1990r
- Andrzej Kajetan Wróblewski, *Historia Fizyki*, W-wa 2006.
- Arthur Koestler, *Lunacy. Historia zmiennych poglądów człowieka na wszechświat*, przekład Tomasz Bieroń, Poznań 2002,
- Arthur Koestler, *The Ghost in the Machine*, Arkana Books, 1989.
- Immanuel Kant, *Krytyka czystego rozumu*, przekł. Roman Ingarden, W-wa 1957
- James Gleick, *Geniusz. Życie i nauka Richarda Feynmana*, przekład Piotr Amsterdamski, Poznań 1999,
- Richard P. Feynman, *Pan raczy żartować, panie Feynman*, Wyd. Znak, Kraków 2007.
- Abraham Pais, *Pan Bóg jest wyrafinowany*, przełożył Piotr Amsterdamski, Warszawa 2001,
- Abraham Pais, *Tu żył Albert Einstein*, przełożył Marek Krośniak, Prószyński i S-ka,
- Walter Issacson, *Einstein. Jego życie, jego wszechświat*, przekład Jarosław Skowroński, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2011,
- A.R. Lacey, *Słownik Filozoficzny*, przeł. Roman Matuszewski, Poznań 1999,
- Władysław Tatarkiewicz, *Historia Filozofii*, wydanie dowolne,
- Stillman Drake, *Galileo at Work. His Scientific Biography*, Chicago 1978,
- Werner Heisenberg, *Fizyka a Filozofia*, przekł. Stefan Amsterdamski, 1962
- Werner Heisenberg, *Część i całość*, przekł. Kazimierz Napiórkowski, Warszawa 1987,
- Grzegorz Białkowski, *Stare i nowe dzieje fizyki*, Warszawa 1980, t. 1, 2, 3
- William Dunhan, *Matematyczny Wszechświat*, przekł. Roman Matuszewski, Poznań 2001 r