

Jerzy WITCZAK

## EDDINGTON — ZASADA WZGLĘDNOŚCI I ŚWIAT ABSOLUTNY cz. II

### 2. Ukształtowanie się tendencji operacjonistycznej

#### 2.1. Względność przestrzeni i czasu

Celem teorii względności według Eddingtona jest zatem dążenie do wyeliminowania wpływu obserwatora na obraz świata zewnętrznego na tyle, na ile to jest możliwe, i uformowanie obrazu wspólnego dla wszystkich obserwatorów. Trzy czynniki, jego zdaniem, wpływają na subiektywizm obserwacji: położenie, ruch (prędkość) i skala wielkości (*gauge of magnitude*)<sup>1</sup>. Ten pierwszy potrafimy wyeliminować w sposób naturalny, drugi jest właśnie przedmiotem standardowej teorii względności, a trzeciego dotyczyć będzie uogólnienie teorii dokonane przez Eddingtona, zainspirowane pracami H. Weyla. Najpierw trzeba więc odpowiedzieć na pytanie, jakie konsekwencje dla filozofii angielskiego uczonego niesie ze sobą usunięcie przez teorię Einsteina z obrazu świata relatywnych, jak się okazało, wielkości fizycznych, a zwłaszcza długości i czasu.

Posłużyć się tu można wprowadzonym przez Eddingtona rozróżnieniem pomiędzy zasadą względności a stanowiskiem relatywistycznym<sup>2</sup>. Zasadą nazywa on stwierdzenie eksperymentalnego faktu, tj. zwykle uogólnienie, które nie postuluje żadnego szczególnego znaczenia pojęć przestrzeni i czasu, a podlega jedynie doświadczalnej weryfikacji. Natomiast stanowisko relaty-

---

\*UWAGA: Tekst został zrekonstruowany przy pomocy środków automatycznych; możliwe są więc pewne błędy, których sygnalizacja jest mile widziana (obi@opoka.org). Tekst elektroniczny posiada odrębną numerację stron.

<sup>1</sup>Por. STG, s. 30–31.

<sup>2</sup>Por. tamże, s. 28 n.

wistyczne ma inny charakter: w oparciu o zasadę względności stwierdza ono, że źródłem trudności we współczesnej fizyce są właśnie milcząco przyjmowane i nie mające uzasadnienia w faktach hipotezy dotyczące czasu i przestrzeni, które dlatego proponuje się odrzucić. Byłaby to więc, według niego, kwestia rozróżnienia między fizykalną a filozoficzną interpretacją zasady względności<sup>3</sup>.

Wynikające z teorii względności stwierdzenie, że długość i trwanie w czasie mają charakter relatywny w stosunku do obserwatora, skłoniło zatem autora do głębszych rozważań nad naturą tych wielkości fizycznych. Od samego początku znajduje tu właśnie swój wyraz jego stanowisko relatywistyczne. Wypływa ono wprawdzie już z zanegowania przez szczegółólną teorię względności (STW) newtonowskiej metafizycznej idei absolutnej przestrzeni, wypełnianej przez fizyków eterem, jako realnego i jedynego układu odniesienia, ale zyskało na znaczeniu w oczach Eddingtona dopiero po zapoznaniu się przez niego z OTW. Już w krótkim artykule z lutego 1917 roku<sup>4</sup> akcentuje on „metafizyczny” aspekt (cudzysłów pochodzi od autora) tych pojęć w teorii względności. Przez metafizykę rozumie on tutaj „rewolucyjną koncepcję”, że czas i przestrzeń z osobna są tylko terminami relatywnymi, „znikają jak cienie (*vanish to shadows*)”<sup>5</sup>, zaś bezwzględne znaczenie ma tylko będąca ich połączeniem czasoprzestrzeń. „Metafizyczny język teorii” wynika jednak, według niego, nie z przesłanek filozoficznych lecz z niestosowalności bieżących pojęć do faktycznych praw przyrody, co wiedzie do „metafizycznych pytań” o naturę odległości i przestrzeni.

Swoje poglądy o subiektywnym pochodzeniu struktury czasoprzestrzennej Sir Arthur szerzej przedstawia w wykładzie na posiedzeniu Royal Astronomical Society w listopadzie 1919 roku, już po ogłoszeniu wyników potwier-

<sup>3</sup>Por. Eddington, *Gravitation and the Principle* (1918), s. 185 n.: „Zasada względności, na ile jest teorią fizykalną, wydaje się być mocno potwierdzona poprzez liczne eksperymenty (nie uwzględniając grawitacji), na ile zaś jest teorią filozoficzną, jest niczym więcej niż uprawnionym i użytecznym punktem widzenia”.

<sup>4</sup>*Einstein's Theory of Gravitation*, „Observatory” 40(1917), s. 93–95. Kolejne krótkie cytaty pochodzą z tego artykułu.

<sup>5</sup>Jest to wyraźna aluzja do słynnych słów H. Minkowskiego: „Odtąd przestrzeń sama w sobie oraz czas sam w sobie nikną jak cienie i tylko pewien związek między nimi zachowuje niezależną realność” (*Raum und Zeit*, wykład z 21.09.1908). Tę samą wypowiedź przypomina W. de Sitter we wstępie do pierwszego z serii artykułów prezentujących w Anglii teorię Einsteina: *On Einstein's Theory of Gravitation, and Its Astronomical Consequences. First Paper*, MNRAS 76(1916) s. 700 oraz w artykule *Space, Time, and Gravitation*, „Observatory” 39(1916) s. 414. Eddington cytuje ją z kolei w całości także w *Report*, s. 15, w *Gravitation and the Principle* (1918), s. 184, jako motto do II rozdz. STG (s. 30) oraz wspomina w *The Philosophical Aspect*, s. 419.

dzających teorię Einsteina<sup>6</sup>. Wykład ten dotyczy nowych pojęć przestrzeni, czasu i siły wprowadzanych przez teorię względności. Główną jego tezę stanowi stwierdzenie, że w zewnętrznym świecie (*in external Nature*) nie ma w ogóle podziału na przestrzeń i czas i nie ma niczego, co temu podziałowi obiektywnie by odpowiadało. Według teorii względności bowiem czasoprzestrzeń stanowi continuum, a rozróżnienie pomiędzy tutaj–tam oraz wcześniej–później jest indywidualną sprawą obserwatora, zależną od okoliczności jego ruchu, a więc od jego linii świata. Podział tej samej czasoprzestrzeni na przestrzeń i czas będzie w efekcie różny dla różnych obserwatorów. W szczególności trzeba tu podkreślić brak naturalnego, jednego dla wszystkich czasu. Co więcej, pojęcia czasu i przestrzeni pierwotnie znajdują się w świadomości obserwatora i tylko tam istnieje ich naturalne rozdzielanie, są więc one wniesione do świata przez poznający podmiot<sup>7</sup>. Jak powie później w *The Mathematical Theory of Relativity*, „struktura czasoprzestrzenna jest czymś nałożonym przez obserwatora na świat zewnętrzny”<sup>8</sup>. Eddington widzi tu zbieżność z poglądem Kanta, iż przestrzeń i czas są formami doświadczenia, są bowiem one dostarczane przez obserwatora i zależą od niego<sup>9</sup>.

Jeszcze dobitniej ujmuje tę sprawę w *Raporcie*. Stwierdza mianowicie, że o ile niezmienniczość zjawisk przyrodniczych względem transformacji układu współrzędnych jest czymś oczywistym, o tyle mówienie o kontrakcji długości poruszających się przedmiotów i o innych efektach relatywistycznych wynika z naszego nie dość szerokiego spojrzenia na Naturę. W jego interpretacji bowiem „długość nie jest własnością poruszającego się pręta, lecz jest relacją pomiędzy prętem a obserwatorem”. A zatem „dopóki obserwator nie jest wyszczególniony, długość pręta pozostaje całkowicie nieokreślona”. Uzasadnienie tej tezy ma charakter epistemologiczny: „powinniśmy zawsze pamiętać, że nasze eksperymenty odsłaniają tylko relacje, a nie własności indywidualnych przedmiotów”<sup>10</sup>.

<sup>6</sup>Por. *Discussion on the Theory of Relativity*, MNRAS 80(1919) 96–103.

<sup>7</sup>Eddington wyróżnia dwojakie poznanie czasu: intuicyjne i fizyczne (por. *Nowe oblicze natury*, s. 92–95). To pierwsze, bezpośrednie, byłoby odpowiedzialne za subiektywne rozdzielanie czasu i przestrzeni przez obserwatora. I. Dąbska widzi podobieństwo jego myśli co do bezpośredniego przeżywania czasu do myśli Bergsona (*Sur quelques idées communes*, s. 85).

<sup>8</sup>MTR, s. 8.

<sup>9</sup>Por. *The Theory of Relativity and Its Influence*, s. 12.

<sup>10</sup>Trzy ostatnie cytaty pochodzą z *Report*, s. 8 n.

Nie tylko więc podział czasoprzestrzeni na część czasową i przestrzenną jest subiektywny, lecz charakter taki mają długość i trwanie w czasie jako takie. Wyraźnie mówi o tym Eddington między innymi w *Space, Time, and Gravitation*: „Długość i trwanie w czasie (*duration*) nie są rzeczami właściwymi dla zewnętrznego świata; są one relacjami rzeczy w zewnętrznym świecie do pewnego określonego obserwatora”<sup>11</sup>. Innymi słowy — „nie odnoszą się one do niczego absolutnego w zewnętrznym świecie, lecz są wielkościami względnymi, które zmieniają się, gdy przechodzimy od jednego obserwatora do drugiego”<sup>12</sup>. W późniejszych pracach Eddington wielokrotnie podkreśla, że odległość absolutna, nie odniesiona do żadnego układu współrzędnych, to wyrażenie bezsensowne; że absolutna odległość nie istnieje.

Filozoficzne konsekwencje teorii Einsteina uwypukla autor zwłaszcza na łamach „Mind” w 1920 roku. Według niego teoria względności jasno ukazała, że nie zostały wyczerpane badania fizykalnych aspektów przestrzeni i czasu, co zaowocowało też nowymi ideami w filozofii. Za najbardziej rewolucyjną uważa on właśnie tę, że „długość sama w sobie nie ma absolutnego charakteru tkwiącego w zewnętrznym świecie; podobnie jak kolor jest ona relacją pomiędzy rzeczą w przyrodzie a obserwatorem, modyfikowaną przez jego ruch”<sup>13</sup>. Dotychczas uchodziło to uwadze uczonych i dopiero delikatne eksperymenty testujące nową teorię odsłoniły ten względny charakter długości. A ponieważ pojęcie długości wchodzi w skład innych bardziej złożonych terminów fizykalnych, takich jak trwanie w czasie, prędkość, masa, siła, energia, wszystkie one „nie oznaczają własności obiektywnych, lecz relacje do pewnego obserwatora lub jego wyidealizowanego ekwiwalentu”<sup>14</sup>. Zatem, stwierdza dalej uczony, wiedza zawarta we współczesnej fizyce jest tylko poznamieniem relacji Natury do obserwatora znajdującego się w szczególnych okolicznościach. Nie znaczy to, by wiedzę tę trzeba było odrzucić. Chodzi jedynie o to, by, zwłaszcza w filozofii, zdawać sobie sprawę z jej relatywnego charakteru i odejść od błędnego przekonania, że pod znajomymi nazwami mamy do czynienia z rzeczami obiektywnymi i niezależnymi od nas<sup>15</sup>.

---

<sup>11</sup>STG, s. 34. Por. także: „Przestrzeń i czas w tej postaci, w jakiej zwykle je przedstawiamy, nie mogą należeć do świata zewnętrznego” (*The Domain*, s. 193).

<sup>12</sup>Eddington, *The Theory of Relativity*, s. 11.

<sup>13</sup>*The Philosophical Aspect*, s. 417.

<sup>14</sup>Tamże. Podobnie w MTR, s. 5: „Wielkości fizykalne nie są własnościami pewnych zewnętrznych obiektów, lecz relacjami pomiędzy tymi obiektami a czymś innym”.

<sup>15</sup>Por. *The Philosophical Aspect*, s. 417 n.

Lapidarnym streszczeniem powyższego stanowiska Eddingtona jest właśnie wielokrotnie powtarzane stwierdzenie, że najprostsze sformułowanie ogólnej zasady względności wyraża się w zdaniu, iż „możemy obserwować jedynie relacje pomiędzy bytami fizykalnymi”<sup>16</sup>. Jak wspomniano, całą fizykę relatywistyczną identyfikuje on z poglądem wiodącym do tej konkluzji. Samo postawienie przez teorię względności pytania: „Co naprawdę obserwujemy?” uważa za najistotniejsze dla tego stanowiska, ważniejsze od konkretnej odpowiedzi, bowiem zapoczątkowało ono rewolucję w fizyce, kontynuowaną następnie przez rozciągnięcie kwestii obserwowalności na zjawiska atomowe przez Heisenberga. Ujmując rzecz precyzyjniej, powiada Eddington, należy się zapytać: „Co naprawdę mierzymy?”<sup>17</sup>. Sprawie owego rozróżnienia oraz pojmowania obserwacji i pomiaru trzeba więc poświęcić nieco więcej uwagi.

## 2.2. Operacyjna teoria pojęć fizykalnych

W teorii względności, tak jak ją interpretuje od początku Eddington, podstawowym materiałem wyjściowym dla poznania fizykalnego są obserwacje koincydencji w czasoprzestrzeni. W fizyce istnieje jednak potrzeba zastosowania pomiaru do tego, co obserwowalne. Tymczasem z analizy takich wielkości jak długość i trwanie w czasie wynika, iż „możemy obserwować koincydencje, lecz nie możemy dokonywać absolutnych pomiarów”<sup>18</sup>. Wypowiedź ta sugeruje, że obserwacja jest absolutna. Jak się to ma do reguły, iż obserwujemy tylko relacje? Także w samym pojęciu koincydencji zawiera się już idea dwóch czynników, a więc pewnego rodzaju względności. Uwypukla to następująca definicja obserwacji podana w *Raporcie*: „Każda dokładna obserwacja jest zarejestrowaniem koincydencji dwóch bytów w przestrzeni i czasie, tj. zarejestrowaniem przecinania się linii świata”<sup>19</sup>. W ścisłym sensie stwierdzenie, że możemy obserwować jedynie wzajemne relacje bytów odnosi się tu jednak do porządku przecięć, a ten pozostaje niezmienny, co uzasadnia jednocześnie zasadę równoważności. Taka obserwacja ma więc charakter absolutny. Otwiera się tu droga do teorii niezmienniczego poznania struktury, o której będzie mowa w dalszej części artykułu.

<sup>16</sup> *The Reign of Relativity*, s. 10.

<sup>17</sup> Por. także oraz PPS, s. 31.

<sup>18</sup> Eddington, *Einstein's Theory of Gravitation*, MNRAS 77(1917) 379.

<sup>19</sup> *Report*, s. 17. W myśl uzupełnień wprowadzonych po akceptacji teorii kwantów jest to słuszne jedynie dla przypadku makroskopowego, bowiem zakaz Pauliego wyklucza możliwość istnienia koincydencji w świecie mikroskopowym (Por. A. S. Eddington, *Physics and Philosophy*, „Philosophy”, 8(1933) 36).

Pewna niejednoznaczność w wypowiedziach Eddingtona na powyższy temat bierze się stąd, że terminu „obserwacja” używa on często w ogólniejszym znaczeniu, mając na myśli również poznanie fizykalne, tj. metryczne, na co wskazuje uważna lektura jego tekstów. W tym właśnie sensie mówi on o zrelatywizowaniu długości i trwania czasowego do obserwatora, które to wielkości nawet w poznaniu potocznym wymagają dokonania pomiaru za pośrednictwem zmysłów. W zasadzie bowiem „nie ma istotnej różnicy między pomiarami naukowymi a dokonywanymi przez zmysły”<sup>20</sup>. To zatem pomiar (długości i trwania w czasie) jest zrelatywizowany, ponieważ stanowi porównanie z podziałkami przestrzennymi i czasowymi tworzonymi przez obserwatora, a zależnymi m.in. od jego ruchu<sup>21</sup>. Uświadomienie sobie tej względności miało „dalekosiężne rezultaty, które zrewolucjonizowały światopogląd fizyki”<sup>22</sup>.

Wyraźnie ten relatywny charakter pomiaru jest zaakcentowany w artykule *The Meaning of Matter and the Laws of Nature According to the Theory of Relativity* z 1920 roku. Autor wyróżnia tu najpierw trzy kategorie bytów występujących w teoriach fizykalnych. Są to: elementarne pojęcia analityczne o nieznannej naturze, niedefiniowalne i niemierzalne; relacje, niedefiniowalne, lecz mierzalne; oraz przedmioty doświadczenia (a więc mierzalne), które są również definiowalne. Stwierdza następnie, że „podstawową rzeczą w teorii względności jest, iż wszystko, co jest mierzalne, musi koniecznie mieć naturę relacji pomiędzy dwoma lub więcej składnikami świata zewnętrznego”<sup>23</sup>.

Ów podział bytów fizykalnych posłużył mu później do precyzyjnego określenia różnic pomiędzy obserwacją a pomiarem. Każdy pomiar i każda obserwacja rozmiarów przestrzenno-czasowych, będąca w gruncie rzeczy pomiarem, wymaga bowiem dwóch elementarnych obserwacji mających za przedmiot koincydencje, tj. dwóch relacji pomiędzy dwoma elementami każda. Gdy więc to, co obserwowalne na zasadzie koincydencji, np. położenie, wymaga tylko dwóch elementarnych danych (*entities*), to pomiar obejmuje w sumie cztery takie czynniki. Dwa dostarczane są przez to, co obserwujemy i chcemy zmierzyć, drugie dwa przez wzorzec. Wielkość mierzalna (*a measurable*) składa się w takim razie z dwóch wielkości obserwowalnych (*ob-*

<sup>20</sup>STG, s. 31; por. s. 10.

<sup>21</sup>Por. tamże, s. 34.

<sup>22</sup>MTR, s. 5.

<sup>23</sup>*The Meaning of Matter and the Laws of Nature According to the Theory of Relativity*, „Mind”, 29(1920) 146.

*servables*) lub czterech danych elementarnych. Eddington przypisuje duże znaczenie pojawiającej się w ten sposób liczbie 4, a pojęcie wielkości mierzalnej odegra podstawową rolę w jego teorii struktury<sup>24</sup>. Warto zauważyć, że ta dość zawiła argumentacja wyjaśnia się, gdy przyjąć, jak to wynika z kontekstu, że tajemnicze i niedefiniowalne *entities* to po prostu punkty w czasoprzestrzeni.

Z tego, iż możemy obserwować (i mierzyć) jedynie relacje, wynikają ważne wnioski dla metodologii fizyki Eddingtona. Bezpośrednio bowiem z przedstawionych wyżej rozważań dochodzi on do stwierdzenia, że „teoria względności nalega na to, aby wielkości fizykalne były definiowane zgodnie ze sposobem, w jaki rozpoznajemy je w naszym obserwacyjnym doświadczeniu”<sup>25</sup> W szczególności, jego zdaniem, wielka innowacja teorii względności polegała na tym, że potraktowała ona wielkości używane do pomiaru przestrzeni i czasu, a więc „odległość” i „interwał czasowy”, w taki sam sposób, jak poprzednio w fizyce traktowano już wielkości mechaniczne i elektromagnetyczne<sup>26</sup>. Dostrzec można tutaj akcent na operacyjne zdefiniowanie tych pojęć fizykalnych.

Operacyjna metoda ustalania sensu terminów fizykalnych postulowana przez teorię względności pełni również w systemie Eddingtona istotną rolę negatywną. Pozwala ona mianowicie na odróżnienie wielkości obserwowalnych od nieobserwowalnych, a więc tych, które są wprowadzone do teorii fizykalnych jedynie dla racji pragmatycznych i teoretycznych, a następnie na ich eliminację. Według Eddingtona, teoria względności (obok równorzędnej w tym aspekcie roli teorii kwantów), kładąc nacisk na to odróżnienie, daje podstawę do sformułowania jednej z dwóch zasad nieobserwowalności. Jest nią właśnie negatywna wersja zasady względności, która mówi, iż nie możemy obserwować absolutnej prędkości i absolutnego położenia<sup>27</sup>.

Rys operacjonistyczny w eddingtonowskiej metodologii pojawił się jednak znacznie wcześniej, niemal już od chwili zapoznania się przez niego z OTW. W wykładzie w Royal Institution 1 II 1918 roku<sup>28</sup> wskazuje on na daleko idące konsekwencje przyjęcia przez teorię względności, że bez-

<sup>24</sup>Por. *The Reign of Relativity*, s. 10; *Fundamental Theory*, Cambridge 1946 (dalej skrót: FT), s. 266.

<sup>25</sup>*The Reign of Relativity*, s. 11. Tak samo w PPS, s. 70.

<sup>26</sup>Por. tamże, s. 12.

<sup>27</sup>Por. FT, s. 1. Drugą zgodnie z teorią kwantów jest zasada nieoznaczoności Heisenberga. W ostatniej swojej pracy Eddington zaproponował ich połączenie w ramach tzw. statystycznej teorii względności.

<sup>28</sup>Por. Eddington, *Gravitation and the Principle* (1918), s. 183n.

względny układ odniesienia nie istnieje. Nie można bowiem odtąd przy pomocy tej idei dokonywać rozróżnienia na świat rzeczywisty, absolutny, i świat zjawisk (*the world of appearance*), podległy pomiarom naukowym, z natury rzeczy zrelatywizowanym do konkretnego układu współrzędnych. Świat realny istnieje, pozostaje jednak niewykrywalny na drodze pomiarowej. Obok efektów relatywistycznych charakteryzuje się on właśnie brakiem wyróżnionego czasu i przestrzeni, które występują łącznie, tworząc czasoprzestrzeń Minkowskiego bądź Riemanna.

Uczony szeroko wypowiada się na ten temat w Prologu do *Space, Time, and Gravitation*. W literackiej formie dialogu pomiędzy Fizykiem, Matematykiem i Relatywistą wyklada swoje stanowisko wynikające z nowej teorii. Zarzuca tu on dotychczasowej fizyce opieranie się na trzech hipotezach przyjmowanych bez dowodu: że w naturze istnieje rzecz absolutna odpowiadająca długości; że geometria tej absolutnej długości jest euklidesowa oraz że pomiary określają tę długość dokładnie przy braku sił grawitacji. Jak podkreśla, zasadniczo różni się od Fizyka właśnie w stosunku do pierwszej hipotezy — istnienia długości absolutnej. Czy jest w naturze jakaś absolutna wielkość, którą próbujemy określić, gdy mierzymy długość? — pyta. Odpowiedź brzmi: tylko liczba cząstek może być absolutna, tylko liczenie jest absolutną operacją. I tu po raz pierwszy formułuje zasadę metodologiczną, która wyraża jego operacjonistyczne podejście: „Jakakolwiek wielkość fizyczna, taka jak długość (...), nie będąca czystą liczbą, może być zdefiniowana tylko jako rezultat uzyskany przez przeprowadzenie fizykalnego eksperymentu zgodnie z określonymi regułami”<sup>29</sup>.

Do tematu tego wraca w *The Mathematical Theory of Relativity*. Stwierdza we Wprowadzeniu, że własności wielkości fizykalnych nie są dowolne, lecz definiowane obserwacyjnie, przy pomocy dokładnie określonej procedury pomiarowej. Podobnie jak w *Space, Time, and Gravitation* podkreśla tu zasadę, że „wielkość fizykalna ma być definiowana przez serię operacji i obliczeń, których jest rezultatem”<sup>30</sup>. Pozwala to, jego zdaniem, na uniknięcie problemu realności tych wielkości, którym to problemem fizyka nie może się zajmować.

Rozwinięcie i potwierdzenie tego stanowiska znajdujemy w *The Nature of the Physical World*. Za doniosłe odkrycie teorii Einsteina uważa Edding-

<sup>29</sup>STG, s. 8.

<sup>30</sup>MTR, s. 3; por. s. 1–5. Identyczną regułę podaje on po latach w PPS, s. 71 podkreślając, iż chociaż została ona już wcześniej zaakceptowana, to innowacja Einsteina polegała na objęciu tą regułą także pomiarów przestrzeni i czasu.



ton właśnie wymaganie, by wielkości fizyczne, o których mówimy, naprawdę wchodziły w zakres naszego doświadczenia. I tak zwłaszcza odległość ma być określana przez pewne czynności miernicze, a nie przez filozoficzne pojęcia. Kładzie on nacisk na to, że nasze wyobrażenia o przedmiotach świata zewnętrznego nie mogą wchodzić w zakres nauk ścisłych, i że należy je zastąpić wielkościami przedstawiającymi wyniki pomiarów fizycznych. Prezentuje tu pogląd, że „całość przedmiotu nauk ścisłych składa się ze wskazań przyrządów i podobnych danych”<sup>31</sup>. Sposób przeprowadzania pomiarów, polegający na obserwacji koincydencji wskazówki z pewną podziałką, można bowiem, jego zdaniem, uogólnić tak, by objąć obserwację dowolnej koincydencji, to jest — w języku ogólnej teorii względności — obserwację dowolnego przecięcia się linii świata. To ograniczenie zakresu fizyki do wskazań przyrządów, stwierdza następnie, nie jest wynikiem dowolnie przyjętej przez niego filozofii, lecz zasadniczo ogólnie akceptowaną doktryną naukową, która, choć ma już pozytywistyczne tradycje, została wyraźnie sformułowana dopiero z nastaniem teorii względności. To bowiem właśnie teoria Einsteina kładzie nacisk na to, że każda wielkość fizyczna powinna być określana jako wynik pewnych czynności pomiarowych i pewnych rachunków.

Skutkiem powyższego ujęcia jest wyraźne określenie granic wiedzy fizycznej, chociaż zawiera ono również odniesienie do pozafizycznej rzeczywistości, jak o tym świadczą kolejne wypowiedzi Eddingtona z *The Nature of the Physical World*: „Cała nasza wiedza fizyczna jest oparta na pomiarach i świat fizyczny jest zbudowany (...) z zespołów pomiarów, spoczywających na jakimś widmowym tle, które się już znajduje poza zakresem fizyki”. „Znajomość reakcji różnych przyrządów na obecność ciała określiłaby kompletnie jego stosunek do otoczenia; nieoznaczona pozostałaby jedynie jego niepoznawalna istota. W teorii względności uważamy to za całkowitą wiedzę o ciele, uważamy, że istota przedmiotu, o ile ją można ustalić za pomocą badania fizycznego, stanowi abstrakcję jego stosunku do wszystkich otaczających przedmiotów”. Idealem wiedzy fizycznej jest w tym kontekście opis przedmiotu badań przy pomocy tensora, który to termin Eddington określa właśnie jako „tablicę wskazań przyrządów”<sup>32</sup>.

Podobne jest stanowisko Eddingtona w *New Pathways in Science*. Znacznie szerzej traktuje on tu zagadnienie danych zmysłowych i poznania w ogóle, lecz w efekcie również dochodzi do wniosku, że dla poznania fizycznego istotna jest redukcja wszelkich danych zmysłowych do obserwa-

<sup>31</sup> *Nowe oblicze natury*, s. 234.

<sup>32</sup> Tamże, ss. 142, 238, 239.

cji koincydencji wskazówki z podziałką na skali urządzenia pomiarowego. Wniosek powyższy przedstawia tu jako bezpośredni wynik teorii względności Einsteina<sup>33</sup>. Tak jak poprzednio traktuje on również każdy pomiar jako relację pomiędzy przedmiotem o niepoznawalnej naturze a jakimś innym układem fizycznym stanowiącym przedmiot porównawczy. Wszystko, co można powiedzieć o jakimś ciele — stwierdza — „sprowadza się do podania jedynie sposobu reakcji różnych zewnętrznych wskaźników na obecność tego ciała (...). Znajomość reakcji wszystkich rodzajów przedmiotów określiłaby w zupełności stosunek tego ciała do otoczenia, pozostawiając na uboczu jedynie jego nieosiągalną dla nas naturę wewnętrzną, leżącą poza zasięgiem fizyki”<sup>34</sup>.

Konkretnym przykładem takiego podejścia jest dla Eddingtona elektron, który „wzięty sam w sobie posiada żadnych w ogóle własności”, gdyby bowiem był on absolutnie odosobniony, nie można byłoby o nim nic powiedzieć<sup>35</sup>. Rozwinięciem tego stanowiska będzie koncepcja „uranoidu” zawarta w *Fundamental Theory*. „W teorii względności — powie tu — nie uznajemy pojęcia atomu jako rzeczy w sobie kompletnej”<sup>36</sup>. Należy, jego zdaniem, zawsze rozpatrywać dwie części uniwersum — obiekt badań i jego otoczenie, którym w najprostszym przypadku będzie hipersferyczny wszechświat Einsteina, spełniający właśnie definicję wyidealizowanego standardowego otoczenia, czyli uranoidu.

Operacyjna interpretacja teorii względności ma swe odbicie w jeszcze jednej kwestii. Mianowicie prowadzi ona także, zdaniem Eddingtona, do przeniesienia problematyki geometrii przestrzeni w obszar doświadczenia, co jest wynikiem relatywnego charakteru długości. Stwierdza on, że problem euklidesowości przestrzeni jest kwestią czysto eksperymentalną. Z relatywistycznego punktu widzenia nie wiemy i nie dbamy o to, czy pomiary te są „prawdziwe”, czy też nie, lecz ograniczamy się do geometrii wynikającej z pomiarów, które są czysto praktyczne. W omawianym wyżej Prologu do *Space, Time, and Gravitation* uczony zaznacza, że szczególnie wątpliwa jest dla niego druga z dotychczasowych hipotez fizyki klasycznej, tj. dotycząca właśnie euklidesowości przestrzeni, gdyż nie opiera się ona na pomiarach. Według niego przestrzeń jest rodzajem pola, którego prawa muszą być ustalone eksperymentalnie, przy pomocy materialnych czy optycznych metod.

---

<sup>33</sup>Por. *Nauka na nowych drogach*, s. 14.

<sup>34</sup>Tamże, s. 103.

<sup>35</sup>Tamże, s. 235.

<sup>36</sup>FT, s. 13.

Definiuje więc przestrzeń jako *measured space* i uznaje, że wszelkie jej pomiary zakładają użycie materialnych narzędzi<sup>37</sup>.

Trzeba tu, w ślad za Eddingtonem, uczynić ważne zastrzeżenie. W celu doświadczalnego określenia geometrii przestrzeni należałoby posłużyć się właśnie materialnym narzędziem, skalą pomiarową. Fizyka relatywistyczna napotyka tu jednak na problem „sztywnej”, tj. niezmiennej skali. Również i jej długość musi przecież podlegać zasadzie względności, nie może być absolutna. Pojawia się więc drugie, obok prędkości względnej, źródło relatywności pomiaru długości — względność skali<sup>38</sup>. Ideę tę autor zaczerpnął z prac Hermanna Weyla z 1918 roku<sup>39</sup>, które nazywa „zaczątkiem bardziej pełnego relatywistycznego poglądu”. Weyl, jak mówi Sir Arthur, „wprowadził bardziej elementarny rodzaj względności — względność rozmiaru (*relativity of size*)”, związaną właśnie ze zwyczajną w fizyce względnością co do standardu miary. Eddington wyznaje, że sam nie przywiązywał początkowo wagi do tego rodzaju względności, później zauważył jednak, że nieuwzględnienie jej stanowi poważny brak teorii Einsteina. Wpływ idei H. Weyla na poglądy Eddingtona zasługuje na odrębne omówienie, tutaj wypada jeszcze dodać, że Weyl przyjął istnienie innego standardu długości w każdym punkcie czasoprzestrzeni i wprowadził związaną z tym transformację cechowania (*gauge-transformation*), wyrażającą względność rozmiaru.

Pozostając na gruncie OTW Eddington w *The Nature of the Physical World* powtórzy wyrażnie: „Przestrzeń jest tym, co wskaże nam eksperyment”. Argumentować będzie, że to dzięki eksperymentowi odkrywamy odległości jako cechy przestrzeni i dlatego nie możemy *a priori* przewidzieć praw rządzących rozkładem miar przypisanych poszczególnym odległościom. W ten sposób przestrzeń okazuje się, używając jego określeń, „siatką odległości”, „schematem rozkładu niepoznawalnych relacji, łączących punkty między sobą”. Odległości są relacjami, „ogniwami, których wewnętrzna istota jest niepoznawalna”, należą więc do wspomnianej wyżej drugiej kategorii bytów fizykalnych<sup>40</sup>. Niepoznawalność ta jest jeszcze bardziej zasadnicza ze względu na nieistnienie absolutnych długości. Gdyby takie absolutne wielkości istniały, wtedy rzeczywistość tylko eksperyment odślaniałby właśnie faktyczne prawa nimi rządzące.

<sup>37</sup>Por. STG, s. 16.

<sup>38</sup>Na ten temat jest wiele wypowiedzi. Tu wykorzystana jest jedna z późniejszych — retrospektywny wykład *The Reign of Relativity, 1915–1937*, s. 4–6.

<sup>39</sup>Powołuje się na jego prace *Gravitation und Elektrizität* oraz *Eine neue Erweiterung der Relativitätstheorie*.

<sup>40</sup>*Nowe oblicze natury*, s. 76–77.

W tym momencie zauważyć warto, jak zdecydowanie Eddington w swym operacjonizmie przeciwstawia się konwencjonalizmowi. Krytyka poglądów Poincarégo i tych uczonych, którzy się nimi posługują, pojawia się u niego już w 1920 roku i bez zmian występuje również w ostatnich filozoficznych pracach autora<sup>41</sup>. Cały czas chodzi o ten sam cytat z książki Poincarégo *La Science et l'Hypothèse*<sup>42</sup>. Przedstawiony jest w nim przedrelatywistyczny pogląd francuskiego uczonego na temat niemożności rozstrzygnięcia przy pomocy obserwacji paralaksy odległych gwiazd, która z trzech geometrii: Euklidesa, Łobaczewskiego czy Riemanna, jest prawdziwa. Zawsze bowiem mamy możliwość wyboru między zrzeczeniem się geometrii euklidesowej a modyfikacją prawa przyrody, które głosi, że światło rozchodzi się po liniach prostych. Stąd omawiany cytat kończy się stwierdzeniem, że „geometrii euklidesowej nie może nic grozić ze strony nowych doświadczeń”.

Eddington uważa, że takie stanowisko jest wynikiem czysto matematycznego podejścia do zagadnienia metryki czasoprzestrzeni, którego jednak nie można traktować w oderwaniu od doświadczenia. Bowiem „w fizyce takie terminy, jak «odległość» czy «kąt», muszą być zdefiniowane w kategoriach eksperymentu, tak aby wszystkie twierdzenia o nich były potencjalnie podatne na eksperymentalne testowanie”<sup>43</sup>. W tym kontekście nie zgadza się również z B. Russellem, mówiącym iż wybór geometrii jest sprawą wygody przy interpretacji wzorów, i prezentuje pogląd, iż geometria jest z istoty swej nauką eksperymentalną; geometrię matematyczną fizyka może wykorzystać o tyle, o ile jest ona związana z wielkościami pochodzącymi z obserwacji i pomiaru<sup>44</sup>. Silnym argumentem jest też dla niego teoria Weyla, z której, na gruncie OTW, wyprowadza wnioski dotyczące istnienia absolutnego w pewnym sensie standardu długości, jakim jest promień krzywizny świata

<sup>41</sup>Por. STG, s. 9; *The Reign of Relativity*, s. 10 n. oraz PPS, s. 72.

<sup>42</sup>Por. *Nauka i hipoteza*, tłum. M. H. Horwitz, Warszawa 1908, s. 65. Jest to fragment rozdz. V pt. „Doświadczenie a geometria”. Eddington cytuje wydanie angielskie: *Science and Hypothesis*, London 1905, s. 72.

<sup>43</sup>*The Reign of Relativity*, s. 11.

<sup>44</sup>Por. *Nowe oblicze natury*, s. 148–151. Polemika z konwencjonalizmem w wersji B. Russella pojawia się w przypisie jako ilustracja. Eddington cytuje tu uwagę Russella z *The Analysis of Matter*, London 1927, s. 78, skierowaną pod swoim adresem, iż „uważa za konieczne przyjęcie einsteinowskiej zakrzywionej przestrzeni”. Tę samą kwestię porusza on również w swej recenzji tej książki na łamach „Philosophy”. Utrzymuje, że „jest oczywiste, iż ta opinia [tj. konwencjonalizm] opiera się na idei, że rzeczy, o których mowa w geometrii (długości, linie, proste itd.), nie posiadają ustalonego znaczenia” (A. S. Eddington, „*The Analysis of Matter*”. By B. Russell, „Philosophy”, 3(1928) 94). W sprawie sporu konwencjonalizm — OTW zob. też np. R. Carnap, *An Introduction to the Philosophy of Science*, ed. M. Gardner, New York 1974, s. 144–171.

Einsteina. Dlatego przyjmuje on, że można mówić o „naturalnej”, względnie „absolutnej” geometrii świata<sup>45</sup>. W efekcie konwencjonalizm Poincarégo jest dla Eddingtona do zaakceptowania jedynie jako trywialny konwencjonalizm lingwistyczny<sup>46</sup>.

Wracając do zasadniczej kwestii, trzeba powiedzieć, iż przytoczone wypowiedzi Eddingtona jasno wskazują, że kładzie on nacisk na operacyjne ustalanie znaczenia podstawowych terminów fizykalnych. Znaczenie ma tylko to, co można zdefiniować operacyjnie podając procedury pomiarowe. W tych sformułowaniach bliski jest on późniejszemu stanowisku konsekwentnych operacjonistów, takich jak H. Dingle i P. W. Bridgman. Wystarczy porównać jeszcze raz np. słowa tego ostatniego: „Nie znamy znaczenia pojęcia, póki nie możemy wyszczególnić operacji użytych przy zastosowaniu pojęcia do konkretnej sytuacji”<sup>47</sup> z konkluzjami zawartymi w *The Philosophy of Physical Science*: „Dowolny składnik poznania fizykalnego musi stwierdzać rezultat określonej procedury obserwacyjnej (...). Definicja wielkości fizykalnej musi określać niedwuznacznie metodę jej pomiaru”<sup>48</sup>. Analiza stanowiska Eddingtona dobitnie potwierdza pogląd wielu badaczy, że to właśnie teoria względności, przede wszystkim STW, przez zastosowanie definicji operacyjnych dała podstawę dla operacjonizmu na terenie filozofii nauki. Sir Arthura zaś można słusznie uważać za prekursora tej doktryny. Inna rzecz, czy —

<sup>45</sup>Por. STG, ss. 10, 170.

<sup>46</sup>To stanowisko Eddingtona (czy też szerzej: tezę Eddingtona–Putnama) krytykuje zdecydowanie A. Grünbaum (*Philosophical Problems of Space and Time*, „Boston Studies in the Philosophy of Science”, vol. 12, Dordrecht 1973<sup>2</sup>, s. 24–41). Krytyka ta opiera się na twierdzeniu Riemanna–Poincarégo, iż ciągła rozmaitość o elementach zerowej wielkości, jaką jest kontinuum czasoprzestrzenne, nie może posiadać wewnętrznej metryki. Również krytycznie argumentację Eddingtona przeciw tezom Poincarégo przedstawia J. D. North (*The Measure of the Universe*, Oxford 1965, s. 281–283) pisząc, że ma ona dużo wspólnego z zarzutami M. Schlicka wobec konwencjonalizmu. Ciekawe jest w związku z tym, że niektórzy autorzy stawiają Eddingtona w jednym szereg z Poincaré’em jako reprezentanta konwencjonalizmu (por. V. Kraft, *Mathematik, Logik und Erfahrung*, Wien–New York 1970<sup>2</sup>, s. 65; G. J. Whitrow, *The Structure and Evolution of the Universe. An Introduction to Cosmology*, London 1959, s. 52), widząc tu związek z jego racjonalizmem. Podobnie I. Dąbska (*Sur quelques idées communes*, s. 85; *Filozofia nauki*, s. 89–93) określa jego stanowisko jako zbliżone do konwencjonalizmu umiarkowanego Poincarégo. Swoją opinię wyprowadza ona z głoszonego przez Eddingtona zrelatywizowania wyniku obserwacji do skali pomiarowej oraz właśnie z zależności sensu wypowiedzi o danych doświadczenia od konwencji ustalającej znaczenie użytych w niej terminów.

<sup>47</sup>P. W. Bridgman, *The Nature of Some of Our Physical Concepts*, BJPS 1(1951) 257 [przypis opuszczony w druku (red. PDF)].

<sup>48</sup>PPS, s. 102.

jak mówi North — życzyłby on sobie kojarzenia go ze współczesną wersją operacjonizmu<sup>49</sup>.

Od operacjonistów różni bowiem Eddingtona inna koncepcja rzeczywistości. Jego „operacjonizm” od początku pomyślany był tylko jako jedna strona jego filozofii nauki, a mianowicie jako sposób na wyeliminowanie z fizyki naiwnego realizmu i mechanycyzmu oraz na uzgodnienie jej z osiągnięciami nowoczesnej nauki (tj. teorii względności), nie postulował on natomiast operacyjnego zdefiniowania całej rzeczywistości. Fenomenalizm nie wchodzi na miejsce realizmu w jego ontologii, co najwyżej ogranicza się do dziedziny nauk przyrodniczych. W interpretacji nauki autor świadomie posługiwał się stale dwiema zasadami: operacjonistyczną i realistyczną. Z punktu widzenia operacjonizmu jest to niedopuszczalna niekonsekwencja, zaś ze strony krytyków tej epistemologii słuszna intuicja, iż postawa operacyjna ma swe ograniczenia i wymaga uzupełnienia o szerszy nieoperacyjny kontekst<sup>50</sup>. Wyrazem tej drugiej strony filozofii Eddingtona jest jego teoria struktury, której genezie poświęcone będą następnne rozważania.

### 3. Strukturalna koncepcja poznania

#### 3.1. Elementy „świata absolutnego”

Równoległe z odsłanianiem relatywnego charakteru wielkości fizykalnych usiłuje Eddington dotrzeć do tego, co nierelatywne i niezmiennicze, czyli w jego terminologii „absolutne”. Na mogący pojawić się tu zarzut, że teoria Einsteina nie zasługuje w związku z tym na miano teorii względności, odpowie, iż właśnie to „poszukiwanie absolutnego świata jest kierowane uznaniem względności pomiarów fizykalnych”<sup>51</sup>.

Intuicyjnie było dla Eddingtona jasne od samego początku, jak o tym świadczy krótkie doniesienie zamieszczone w „Nature” w 1916 roku, że niezmienniczy pozostaje porządek przecięć linii świata cząstek i promieni świetlnych, jako że tworzy on obserwowalne zjawiska. Jedynie zjawiska są według niego obserwowalne, nieobserwowalny pozostawałby zaś przebieg linii świata poza punktami przecięcia. Wynika stąd, że porządek przecięć nie zmienia się wskutek deformacji przestrzeni, czyli jej nieliniowej transformacji.

---

<sup>49</sup>Por. North, *The Measure*, s. 334 n.

<sup>50</sup>Por. J. W. Yolton, *The Philosophy of Science of A. S. Eddington*, The Hague 1960, s. 1–21. Tego świadomego dualizmu Eddingtona zdaje się nie dostrzegać I. Dąbska, widząc raczej tutaj pewne sprzeczności (por. *Filozofia nauki*, ss. 70 n., 85 n).

<sup>51</sup>STG, s. 165.

Niewiele później wprowadza używane potem stale podobne pojęcie „koincydencji”, tj. spotkania się dwóch bytów w czasie i przestrzeni, i twierdzi, że cała eksperymentalna wiedza fizyczna jest tylko rejestracją wielkiej liczby tych koincydencji, co zapewnia niezależność najogólniejszego poznania praw natury od przekształceń układu współrzędnych<sup>52</sup>. Te fakty przecięcia czy koincydencje nazywać on będzie również często ogólnie przyjętym w teorii względności terminem „zdarzenie”.

Obok niemetrycznego pojęcia porządku zdarzeń wyróżnia autor także inny, metryczny niezmiennik. Chodzi mianowicie o niezmienniczość występującej w prawie grawitacji formalnej wielkości  $ds$  będącej metryką świata Einsteina, co jest, jego zdaniem, równoważne stwierdzeniu, że wielkość ta posiada „jakieś absolutne znaczenie w zewnętrznej naturze”<sup>53</sup>. Teoria Einsteina nadaje wielkości  $ds$  fizykalną interpretację interwału czasoprzestrzennego, przy założeniu mierzalności  $ds$  za pomocą zegara i skali pomiarowej. W standardowej OTW Einsteina przyjmuje się, że wielkość ta ma absolutną wartość, co pozwala na porównywanie interwałów w dwóch różnych punktach świata. Sytuacja ta ulegnie zmianie, zapowiada Eddington, w rozszerzeniu teorii dokonany przez Weyla. W ramach szczególnej teorii względności można jednak powiedzieć, że „cała (ograniczona) zasada względności streszcza się w niezmienniczości  $ds$ ”<sup>54</sup>.

Pełniejszy zarys swojej koncepcji świata absolutnego przedstawia Eddington podczas dyskusji w Królewskim Towarzystwie Astronomicznym w grudniu 1919 roku<sup>55</sup>. Po usunięciu z naszego obrazu świata (*world of Nature*) wszystkiego, co jest jedynie wniesione przez obserwatora, a więc jednoznacznego podziału na czas i przestrzeń oraz samych tych pojęć jako takich, w Naturze pozostaje tylko pewne metryczne uporządkowanie, którego nie można opisać potocznym językiem. Trzeba więc, stwierdza, zbudować od początku aparat do opisu tego świata. Punktami czterowymiarowej czasoprzestrzeni są zdarzenia definiowane jako chwila czasowa w danym punkcie

---

<sup>52</sup>Por. *Gravitation and the Principle* (1918), s. 186 oraz *Report*, s. 17. Lapidarnym podsumowaniem powyższych idei jest następująca wypowiedź: „Istnieje jeden typ obserwacji, który bez wątplenia musi być niezależny od wszelkich możliwych parametrów obserwatora, a mianowicie całkowita koincydencja w przestrzeni i czasie (...). Dopóki nasze poznanie przyrody jest poznaniem przecięć linii świata, dopóty jest ono absolutnym poznaniem, niezależnym od obserwatora” (STG, s. 87). Mówiąc współczesnym językiem, chodzi o to, że struktura geometryczna czasoprzestrzeni nie zależy od wyboru układu odniesienia.

<sup>53</sup>*Report*, s. X.

<sup>54</sup>Tamże, s. 16.

<sup>55</sup>Por. *Discussion on the Theory of Relativity*, s. 99–102.

przestrzeni. Pomędzy dwoma bliskimi zdarzeniami istnieje pewna mierzalna relacja, tj. interwał. Uczony podkreśla, że „interwał jest czymś przynależnym do zewnętrznej Natury”, inaczej niż odległość i trwanie czasowe, które nie posiadają znaczenia, póki nie określi się obserwatora. Dlatego „interwał jest kluczem do wszystkich jakości metrycznych zewnętrznego świata”. Przy pomocy pojęcia interwału wprowadza się następnie pojęcie geodetyki jako linii świata o maksymalnej długości (w sensie całkowania interwału) łączącej dwa zdarzenia. Można powiedzieć, że geodetyka jest „naturalną ścieżką”, która ma rzeczywiście jakieś znaczenie w Naturze, ponieważ jej bieg nie zależy od układu odniesienia. Dzięki temu, jego zdaniem, geodetyki zasługują również na miano absolutnych elementów świata.

Jeszcze szerzej przedstawia powyższe idee pochodząca z tego samego okresu książka *Space, Time, and Gravitation*. Eddington zaznacza już we Wstępie, że fundamentalnym pomiarem nie jest relatywny pomiar odległości w przestrzeni, lecz pomiar innej relacji — właśnie interwału czasoprzestrzennego. Wiąże się to z wymiarowością świata. „W rzeczywistym świecie — pisze — musi istnieć zbiór bytów pozostających względem siebie w czterowymiarowym porządku. Są one bazą świata poznawalnego zmysłami (*perceptual world*) dopóty, dopóki jest on jeszcze badany przez fizykę”<sup>56</sup>. Ten poczwórny „porządek zdarzeń” jest jednakowy dla wszystkich obserwatorów i dlatego właśnie można o nim powiedzieć, że przynależy on do zewnętrznego świata fizyki. Wchodzi on do pojęcia świata rzeczywistego (*real world*) z tej racji, że nie jest zrelatywizowany do żadnego szczególnego obserwatora. Eddington zastrzega się tutaj, że mówiąc o „rzeczywistym świecie” używa tego terminu w sposób właściwy dla fizyki, bez rozstrzygania filozoficznej kwestii istnienia świata. Posiada on tu tylko ten sam stopień realności co pojęcie trójwymiarowej przestrzeni w fizyce przedrelatywistycznej.

Występujący tu termin „świat” używany jest często, począwszy od Minowskiego, jako termin techniczny teorii względności właśnie jako analogia do przestrzeni przedrelatywistycznej. W tym sensie Eddington określa go jako czterowymiarowy zbiór wszystkich punktów-zdarzeń. Pojęcie to traktuje zamiennie z pojęciami eteru i przestrzeni, przestrzeni bowiem nie uważa jedynie za twór czysto matematyczny, lecz zgodnie z OTW przypisuje jej własności dynamiczne występujące w równaniach tensorowych. W tym sensie przestrzeń jest „podstawowym substratem wszechświata” z jedynym atrybutem, jaki stanowi czterowymiarowa rozciągłość badana metodami geometrycznymi. Z drugiej strony substrat ten warunkuje zjawiska fizy-

<sup>56</sup>STG, s. 12; por. ss. 15, 35–37.



kalne, w szczególności elektromagnetyczne, stąd można by go nazwać eterem. W celu uniknięcia przeakcentowania któregoś z obu tych aspektów — geometrycznego albo fizycznego — Eddington proponuje pozostanie przy nazwie „świat”<sup>57</sup>.

Właśnie tak pojęty świat zewnętrzny nazywa autor „światem absolutnym” w opozycji do przedrelatywistycznego, który okazał się „światem względnym”<sup>58</sup>. Z przedrelatywistycznego opisu świata przeszły do opisu świata absolutnego, zdaniem Eddingtona, jedynie dwie wielkości: działanie (iloczyn średniej gęstości masy–energii przez objętość czasoprzestrzeni, czyli iloczyn masy–energii i czasu) oraz entropia, ponieważ tylko one posiadają cechę niezmienniczości. Wszystkie inne przedrelatywistyczne wielkości fizyczne, w szczególności długość, trwanie w czasie, masa, siła, nie mają „absolutnego znaczenia”, zależą bowiem od przyjętego układu współrzędnych.

W omawianym dziele pojawia się też wreszcie pojęcie „absolutnej struktury świata” czy też „w świecie”, które odegra podstawową rolę w eddingtonowskiej koncepcji poznania fizycznego. Żaden układ współrzędnych, jako arbitralnie wprowadzony, nie może odpowiadać ściśle tej strukturze. Tak więc „badanie absolutnej struktury świata jest oparte na pojęciu interwału między bardzo bliskimi zdarzeniami, który jest absolutnym atrybutem zdarzeń, niezależnym od jakiegokolwiek układu współrzędnych”<sup>59</sup>. Autorowi chodzi tutaj o zbudowanie pewnej nieeuklidesowej geometrii świata (*world-geometry*). W szczególności analiza zachowania się geodetyk w polu grawitacyjnym nałoży ograniczenie na możliwą strukturę i poprzez pojęcie krzywizny doprowadzi do uzyskania prawa grawitacji. Inne absolutne własności przestrzeni, takie jak np. jednorodność, związane więc będą z prawem grawitacji. Jeszcze ogólniejszą „absolutną geometrię świata” da jego teoria

<sup>57</sup>Por. szczególnie: A. S. Eddington, „Space” or „Aether”? (A Letter), „Nature” 107(1921) 201. Zob. też: *Nauka na nowych drogach*, s. 40–42, gdzie proponuje on alternatywny termin „pole”, obejmujący zarówno pole elektromagnetyczne, jak i pole grawitacyjne, czyli metryczne.

<sup>58</sup>Por. STG, s. 43n. Warto tu też zacytować następującą definicję: „Przedmiotem naszego studium jest zewnętrzna natura, która jest światem zdarzeń wspólnych dla wszystkich obserwatorów, lecz różnie przez nich przedstawianych w ich lokalnych współrzędnych przestrzeni i czasu; jest oczywiście dla najzwyczajszego doświadczenia, że ten absolutny świat posiada poczwórne uporządkowanie (Eddington, *The Theory of Relativity*, s. 16).

<sup>59</sup>STG, s. 150.

unifikująca mechanikę i elektromagnetyzm w oparciu o ideę geometryzacji zaproponowaną przez H. Weyla<sup>60</sup>.

Eddington jednak nie zatrzymuje się w tym miejscu. Przyjmuje mianowicie istnienie pozafizycznej „ostatecznej rzeczywistości” i usiłuje podać relacje zachodzące pomiędzy nią a światem fizyki. Poznanie fizyczne przyrównuje on w tym celu do odkrywania sensu gry w szachy ze starych zapisów partii szachowych. Ktoś, kto nigdy z tą grą się nie zetknął, może poznać w ten sposób reguły gry i rolę poszczególnych pionów, lecz poznanie „absolutnej natury” pionów (np. ich wyglądu, materiału, z którego są wykonane) jest nieosiągalne. Analogicznie nauka (tj. fizyka), której metodą jest analiza i wyjaśnianie całości przy pomocy praw rządzących składnikami, w ostateczności wyjaśnia znane przy pomocy nieznanego, albowiem „ostateczne składniki realnego świata” mają naturę nieuchwytną dla człowieka. Jest tak z dwóch racji: wszystkie obiekty poznania potocznego są złożone, a następnie wszystkie one nie należą do rzeczywistego świata fizyki, lecz znajdują się na dużo wcześniejszym poziomie syntezy. W efekcie te „ostateczne elementy w teorii świata” muszą być takiej natury, która niemożliwa jest do zdefiniowania przy pomocy pojęć rozpoznawalnych przez umysł człowieka. Mamy tu do czynienia z sytuacją analogiczną jak w matematyce, która zajmuje się obiektami o nieznanym naturze, podsumowuje Sir Arthur<sup>61</sup>. W takim kontekście trzeba jeszcze raz spojrzeć na wprowadzone przez niego pojęcia elementarne. Niepoznawalną naturę miałyby więc zarówno „punkty-zdarzenia”, tworzące łącznie czterowymiarową czasoprzestrzeń, zwaną przez niego zamiennie „światem” lub „eterem”, jak i porządkujące je relacje — interwał uzupełniony przez relację bliskości. O interwale powiada wprost, że ma on charakter wyłącznie ilościowy (wartość numeryczną) i nie może być brany za wskazówkę do poznania „rzeczywistej natury relacji, która jest całkowicie poza naszym pojęciem”<sup>62</sup>.

Podsumowując można stwierdzić, że Eddington używa terminu „świat” w znaczeniu czasoprzestrzeni OTW. Natomiast z przeciwstawienia określeń „absolutny” i „relatywny” wynika, że chodzi mu w tym pierwszym o cechę niezmienniczości. W szczególności dotyczy ona struktury czasoprzestrzeni. Te badania nad geometrią w ramach OTW skłoniły go w dalszej kolejności do podjęcia refleksji w kwestii natury poznania fizycznego.

---

<sup>60</sup>Tamże, s. 170. Owa „absolutna geometria” to, jak tłumaczy Eddington, „rodzaj czasoprzestrzeni, który istnieje w polu naszych eksperymentów”.

<sup>61</sup>Por. tamże, s. 183–186.

<sup>62</sup>Tamże, s. 187.

### 3.2. Teoria struktury

Na koniec swych rozważań nad przedmiotem poznania fizykalnego w kontekście geometrii wszechświata dochodzi Eddington w *Space, Time, and Gravitation* do wniosku natury filozoficznej, że skoro „teoria względności w fizyce redukuje wszystko do relacji, należy więc powiedzieć, iż liczy się nie materiał, lecz struktura”<sup>63</sup>. Przytacza on w tym miejscu obszerny cytat z pracy B. Russella *Introduction to Mathematical Philosophy* na temat znaczenia pojęcia struktury i trudności dotarcia do jego treści<sup>64</sup>. Jak wynika z kontekstu, Russell ujmuje to pojęcie na sposób matematyczny i utożsamia je z pojęciem „liczby relacyjnej”, tj. „klasy wszystkich tych stosunków, które są podobne do danego stosunku”<sup>65</sup>. Wykazuje, że w efekcie świat zjawiskowy i świat obiektywny (jeśli przyjąć takie rozróżnienie za słuszne) muszą mieć taką samą strukturę i dadzą się opisać naukowo w jednakowy sposób. Ewentualne między nimi różnice są dla nauki nieuchwytnie, polegając bowiem mogą jedynie na swoistej indywidualności, która wymyka się ujęciu słownemu. Opis naukowy zatem ogranicza się wyłącznie do podania rozumianej ilościowo struktury. Pogląd Eddingtona w tej kwestii jest identyczny, z tym jednak, że pojawia się jako ostatnie ogniwo w długiej argumentacji opartej na teorii względności, a także na wynikającej z niej szczególnej koncepcji materii. Tymczasem Russell w swej teorii struktury nie odwoływał się wcale do fizyki.

Do powyższego strukturalnego ujęcia powraca autor w pracy *The Mathematical Theory of Relativity* i rozbudowuje je. Najpierw jednak uściśla pojęcia<sup>66</sup>. Zakłada, że do opisu konfiguracji zdarzeń wystarczy jedynie — zamiast układu współrzędnych — podanie relacji zwanych interwałami pomie-

<sup>63</sup>Tamże, s. 197.

<sup>64</sup>B. Russell, *Wstęp do filozofii matematyki*, tłum. z ang. Cz. Znamierowski, Warszawa 1958, s. 92n. Dokładnie ten sam cytat posłuży później w NPS za motto do XII rozdziału zatytułowanego „Teoria grup” oraz pojawi się w PPS, s. 152. Przy okazji recenzji innej książki Russella, *The Analysis of Matter*, Eddington wyznaje: „Zawsze czulem się wdzięczny wobec pana Russella za fragment jednej z jego wcześniejszych prac (*Introduction to Mathematical Philosophy*), w którym rozjaśnia on podstawowe znaczenie struktury i niemożność wyjścia poza nią w naszych badaniach zewnętrznego świata” („*The Analysis*”, s. 93). Zgodności, zresztą obustronnej, Eddingtona i Russella w innych kwestiach dowodzi też jego deklaracja dotycząca *The Analysis of Matter*: „to książka, z którą tylko rzadko rozmiijam się w poglądach” (*Nowe oblicze natury*, s. 149) oraz wspomniana recenzja. Najpoważniejsza różnica pomiędzy nimi zachodzi, jak już wiadomo, w kwestii konwencjonalizmu Russella.

<sup>65</sup>Russell, *Wstęp*, s. 84.

<sup>66</sup>Por. MTR, s. 9–10. Wszystkie kolejne cytaty pochodzą z tego fragmentu.

dzy wszystkimi parami zdarzeń. Według niego taki opis ma ścisły odpowiednik w konfiguracji świata zewnętrznego. Zatem nie pozycja czy położenie są czymś fundamentalnym, lecz czterowymiarowa rozciągłość rozumiana jako interwał; położenie obiektu będzie zaś już rezultatem obliczeń. W efekcie o czasoprzestrzeni trzeba powiedzieć, że „nie jest ona dużą ilością punktów leżących jeden przy drugim; jest dużą liczbą powiązanych ze sobą odległości”, czyli interwałów. Do powyższego założenia przypisuje Eddington dużą wagę nazywając je „fundamentalną hipotezą”, bowiem stanowi ono dla niego punkt wyjścia w analitycznym przedstawieniu teorii. Formuluje on je następująco: „Wszystko to, co jest związane z położeniem i wchodzi w skład wiedzy obserwacyjnej; wszystko to, co możemy wiedzieć o konfiguracji zdarzeń, zawarte jest w relacji rozciągłości pomiędzy parami zdarzeń”. Hipotezę tę można również wyrazić w postaci twierdzenia, że „dwa układy są obserwacyjnie równoważne wtedy i tylko wtedy, gdy odpowiednie interwały są równe”<sup>67</sup>.

Zgodnie z tą „hipotezą fundamentalną” Eddingtona redukujemy zatem fenomeny do wyrażań zawierających pojęcia interwału i zdarzenia, zaś jednakowa struktura interwałowych relacji sprawia obserwacyjną nieodróżnialność dwu różnych ciał. Dopiero w oparciu o takie założenie może on powiedzieć, że „badanie świata zewnętrznego w fizyce jest bardziej poszukiwaniem struktury niż substancji”<sup>68</sup>. Struktura ta, dodaje uczony, może być najlepiej przedstawiona właśnie jako kompleks relacji, tj. interwałów, i ich krańców (*relata*), czyli zdarzeń.

W drugiej części omawianej monografii na temat teorii względności, przedstawiając swą uogólnioną teorię unifikującą mechanikę (grawitację) i elektromagnetyzm, Sir Arthur dodaje jeszcze, że chociaż podstawowe podłoże wszystkich rzeczy musi przypuszczalnie posiadać strukturę i substancję, to substancji możemy przypisać jedynie nazwę. Każda próba powiedzenia czegoś więcej o substancji prowadzi natychmiast do przypisania jej jakiejś struktury. Z kolei sama struktura też może być opisywana tylko w pewnych granicach. W ostateczności da się ją zredukować do kompleksu relacji, które muszą jednakże cechować się jakąś porównywalnością. Gdyby bowiem nic w świecie nie dało się porównywać ze sobą, nie byłoby na-

<sup>67</sup>Wpływ tej „fundamentalnej hipotezy” zaznacza się też w ostatniej filozoficznej pracy Eddingtona, gdy jako „istotę teorii względności” przedstawia on następującą regułę: „Cała różnorodność świata; wszystko, co jest obserwowalne, pochodzi z różnorodności relacji pomiędzy podstawowymi [nieodróżnialnymi] jednostkami (*entities*)” (PPS, s. 122).

<sup>68</sup>MTR, s. 41.

wet zaczątków struktury<sup>69</sup>. Tutaj autor odwołuje się do pierwotnego aksjomatu przesunięcia równoległego, wprowadzonego zamiast fundamentalnej hipotezy. Geometria, którą przyjmuje, jest geometrią afiniczną i dopiero po wprowadzeniu metryki pojawi się w niej interwał jako długość odpowiedniego przesunięcia. Ów nowy podstawowy aksjomat stwierdza, że teraz nie interwał, lecz nieskończenie małe przesunięcie równoległe wektora, posiada jakiegoś znaczenie w odniesieniu do ostatecznej struktury świata. Otóż właśnie ten aksjomat wyraża ściśle, zdaniem Eddingtona, postulowaną wyżej oraz w *Space, Time, and Gravitation*, porównywalność relacji. Zapewnia on też spełnienie warunku bliskiego związania obu porównywanych relacji i wskazuje, że pojęcie porównywalności stosuje się tylko do jednego typu relacji, a mianowicie przesunięcia. Z kolei samo przesunięcie jest relacją pomiędzy dwoma punktami—zdarzeniami, podobnie jak poprzednio interwał. Obydwie te relacje — przesunięcia i równoważności — stwierdza dalej Eddington, są jednak częściami jednej idei, oddzielonymi od siebie dla matematycznej wygody. To, że relacja przesunięcia od  $A$  do  $B$  równa się jakiejś liczbie, nie ma żadnego absolutnego znaczenia. Dopiero równoważność dwóch takich relacji (pomiędzy  $A$  i  $B$  oraz  $C$  i  $D$ ) może mieć znaczenie absolutne. Tak więc, twierdzi uczony, cztery punkty stanowią minimalną liczbę, dla której można określić absolutną relację strukturalną, a zatem ostateczne elementy struktury są elementami składającymi się z czterech punktów.

Autor przy okazji zwraca uwagę na problem ograniczenia dowolności wyboru układu odniesienia w teorii względności do klasy transformacji ciągłych. To ograniczenie pozwala zachować intuicyjnie oczywisty porządek punktów. Musi to być właśnie porządek strukturalny, a więc zdeterminowany przez wzajemne relacje punktów w strukturze świata. Z matematycznego punktu widzenia nie jest dla niego jednak jasne, w jaki sposób można by wyprowadzić konieczność tej ciągłości z analizy przesunięcia równoległego. Nasuwa to przypuszczenie, że być może czas i przestrzeń są tylko pojęciami przybliżonymi i że uporządkowania zdarzeń w naturze nie da się wyrazić ściśle przy pomocy czterowymiarowego układu współrzędnych.

Pojęcie struktury jawi się jednak Eddingtonowi jako niewystarczające. Jak pisze, fizyk wprawdzie nie zastanawia się na co dzień nad wewnętrznym znaczeniem swych formuł, czasem jednak chce to uczynić i rozważyć tę relację rzeczy w strukturze świata, która jest ich źródłem. Jedyną zrozumiałą odpowiedź stanowi wtedy stwierdzenie, że relacja strukturalna zachodzi pomiędzy uwarunkowaniami istniejącymi w świecie, a nie między ich

<sup>69</sup>Por. tamże, s. 224 nn.

liczbowymi miarami<sup>70</sup>. Odwołuje się tu Sir Arthur do idei *world-condition* wprowadzonej we Wstępie do *The Mathematical Theory of Relativity*<sup>71</sup>. Krytykując w nim tradycyjne rozróżnienie na wielkości odkrywane i stwarzane przez fizyków oraz przyjmując operacjonistyczny punkt widzenia podkreślał, że wszystkie wielkości fizyczne wskazują jedynie na jakieś istniejące w świecie zewnętrznym uwarunkowania (*world-conditions, conditions of the world*), które nie są stworzone przez nasze operacje. Eddington dodaje, że termin ten chce rozumieć tak szeroko, jak to tylko możliwe: cokolwiek w zewnętrznym świecie determinuje wartości wielkości fizycznych, które obserwujemy, może być włączone w jego obręb. Jasne jest dla niego, że owe „uwarunkowania” stanowią podstawę zjawisk fizycznych.

Natomiast nie ma podstaw by uważać, kontynuuje, że to uwarunkowanie jest podobne do mierzonej wielkości. Operacje pomiarowe dają jakieś poznanie „warunków świata”, gdyż ich wyniki różnią się od siebie, jednakże jest to wiedza pośrednia — poprzez wpływ na wyniki pomiarów. Można powiedzieć wyłącznie, że „wielkości fizyczne są miarami liczbowymi (*measure-numbers*) uwarunkowania świata”<sup>72</sup>. Jedno i to samo uwarunkowanie może posiadać więcej niż jedną miarę liczbową w zależności od przeprowadzonych operacji i przyjętych pojęć, a zatem różne wielkości fizyczne mogą odnosić się do tego samego *world-condition* (przykład: masa i energia). Taką miarą może być bądź pojedyncza liczba, bądź też zbiór liczb, w szczególności stanowiących składowe tensora. Właśnie rachunek tensorowy pozwala wyrazić jednocześnie całość miar liczbowych związanych z danym uwarunkowaniem, czy też, mówiąc inaczej, rezultat wszystkich możliwych rodzajów operacji. Jakakolwiek próba opisania warunków świata w sposób inny niż poprzez wielkości fizyczne, a więc inny niż przy pomocy struktury, jest „albo matematycznym symbolizmem, albo bezsensownym żargonem”<sup>73</sup>. Kontekst tych radykalnych sformułowań wskazuje zarazem wyraźnie na teorię względności jako na źródło strukturalistycznych poglądów Eddingtona.

W następnych pracach w odniesieniu do omawianej kwestii autor korzysta z wypracowanych wcześniej pojęć i tylko w niewielkim stopniu je rozwija. I tak w *The Nature of the Physical World* ubogaca głównie terminologię. Mówi więc, że teoria względności prowadzi do odnalezienia „ostatecznego

<sup>70</sup>Tamże, s. 50.

<sup>71</sup>Por. tamże, s. 2–4, z uzupełnieniami na s. 47–49.

<sup>72</sup>Tamże, s. 2.

<sup>73</sup>Tamże, s. 3. Por. *Science and the Unseen World*, s. 20: „Aby rozumieć zjawiska świata fizycznego konieczne jest, aby znać równania, które symbole spełniają, a nie naturę tego, co jest przez nie symbolizowane”.

planu budowy świata”, „planu Natury”, „absolutnego schematu Natury”, „absolutnej struktury świata”. Mówi o „absolutnej budowie świata” w zakresie przestrzeni i czasu oraz o „włóknach absolutnej struktury wszechświata”, mając na myśli linie świata, wreszcie o „absolutnej strukturze czasoprzestrzeni” wraz ze swymi włóknami. Precyzuje, że wyrazu „absolutny” używa w odniesieniu do tego, co ma być opisywane, na ogół w znaczeniu „uniwersalny”, w przeciwieństwie do „przypadkowego”. Stwierdza, że dochodzi się w ten sposób do „bezwzględного schematu” fizyki i do „prawdziwego poglądu na świat”<sup>74</sup>.

Znacząca zmiana ma dopiero miejsce po zapoznaniu się Eddingtona z mechaniką kwantową. Wtedy teoria struktury zmienia swą postać z geometrycznej na algebraiczną, z wykorzystaniem matematycznej teorii grup, przy czym uzasadnienie jej wywodzące się z teorii względności nie ulega zmianie. Przytoczonego wyżej cytatu z pracy Russella używa autor ponownie jako motta do XII rozdziału *New Pathways in Science*, poświęconego właśnie teorii grup. W dalszym ciągu twierdzi, że „procesów zachodzących w świecie zewnętrznym nie można opisywać za pomocą dobrze nam znajomych obrazów; niezależnie od tego, czy opiszemy procesy te słowami, czy też za pośrednictwem jakichś symbolów, wewnętrzna ich natura pozostanie dla nas nieznaną. Procesy owe stanowią jednak kanwę dla pewnego schematu związków, które można opisać za pomocą liczb; dzięki temu właśnie możemy wprowadzić pewne wielkości liczbowe (odczytania wskazań przyrządów), stanowiące te dane, z których wywnioskujemy całą naszą wiedzę o świecie zewnętrznym (...). Wiedza, jaką możemy uzyskać, musi być zatem wiedzą dotyczącą pewnej struktury (...). W matematyce nazywamy wiedzę tego rodzaju wiedzą o strukturze grupowej”<sup>75</sup>.

Omawiane podejście różni się od poprzedniego tym, że przy wykorzystaniu teorii grup chodzi o strukturę złożoną z operatorów, a więc odpowiedników pewnych działań i operacji, co wiąże się z dynamiczną wizją wszechświata jako „sceny jakichś niepoznawalnych czynności i operacji”<sup>76</sup>. Trawestując słynne powiedzenie Russella trzeba tym razem powiedzieć, że matematyk nie tylko nie wie, o czym mówi i czy to, co mówi, jest prawdziwe, lecz także nie wie, co robi. Tym nie mniej można zastosować tę teorię również do problematyki geometrii czasoprzestrzeni, traktując wyznaczanie metryki jako grupę operacji przesunięcia. Tak też czyni Eddington pokazu-

<sup>74</sup>Por. *Nowe oblicze natury*, s. 26–57.

<sup>75</sup>*Nauka na nowych drogach*, s. 269.

<sup>76</sup>Tamże, s. 270.

jąc (na sposób jakościowy), jak z jego teorii operatorów  $E$  wynika sygnatura Minkowskiego, tzn. różnica pomiędzy przestrzenią a czasem. Przy wprowadzaniu owych operatorów posłużył się on nie tylko danymi teorii kwantów, lecz również wcześniejszym wnioskiem z teorii względności, że obserwować możemy jedynie relacje.

Chociaż więc w przypadku *New Pathways in Science* główną ilustrację stanowią zjawiska kwantowe w atomie, to jednak operacje mają uniwersalny charakter. Podobnie jak poprzednio relacje, stanowią one elementy struktury, których wewnętrzna natura pozostaje niepoznawalna. Eddington twierdzi, że „tym, co fizyka ostatecznie znajduje (...) w dowolnym tworze, badanym metodami fizycznymi, jest zawsze struktura pewnego zbioru operacji”, podczas gdy natura operacji tworzących strukturę może pozostać nieznana. „Natura tego, co się dzieje w świecie zewnętrznym, leży poza naszym pojmowaniem”. Jest tak dlatego, uzasadnia uczony, gdyż to „sposób, w jaki sprzęgają się ze sobą operacje, nie zaś ich natura, decyduje o tych objawach świata zewnętrznego, które mogą oddziaływać na nasze zmysły”<sup>77</sup>. Jest to, w jego opinii, podstawowa zasada filozofii nauki. Stwierdzenie takie przypomina znaną z *The Mathematical Theory of Relativity* hipotezę fundamentalną, dotyczącą roli interwałów.

Otrzymane wnioski są zatem identyczne jak w *The Nature of the Physical World* i prowadzą do ogólniejszej niż fizykalna koncepcji rzeczywistości: „To, co wyciągamy na światło dzienne jako podstawę wszystkich zjawisk, jest pewnym schematem symbolów, powiązanych ze sobą równaniami matematycznymi. Do tego sprowadza się rzeczywistość fizyczna, gdy badać ją metodami, które może stosować fizyk. Szkieletowy schemat symbolów sam głosi swą własną pustkę”<sup>78</sup>. Stąd świat fizykalny domaga się wręcz interpretacji i dopełnienia, jest światem otwartym i wskazującym na coś poza nim samym, co nie będzie już poznawane na sposób strukturalny i symboliczny, otwartym na ducha. Eddington zgadza się tutaj ze stanowiskiem H. Weyla z pracy *The Open World*, które przytacza jako motto do ostatniego rozdziału *New Pathways in Science*. Cytat ten zresztą uważa za najlepsze podsumowanie współczesnego mu światopoglądu naukowego<sup>79</sup>.

<sup>77</sup>Tamże, ss. 276, 286.

<sup>78</sup>Tamże, s. 297.

<sup>79</sup>Weyl pisał m.in.: „Nowoczesna nauka — ta, z którą zaznajomiłem się dzięki swym własnym pracom, a więc matematyka i fizyka — nadają wszechświatowi coraz bardziej i bardziej wygląd świata otwartego, świata nie zamkniętego w sobie, lecz wskazującego na coś poza sobą samym (...)” (cyt. za: *Nauka na nowych drogach*, s. 292). Dokładnie ten sam cytat znajduje się w przedmowie Eddingtona do książki A.A. Brockingtona *Mysticism*



Śledząc rozwój doktryny struktury Eddingtona nie sposób pominąć wreszcie jego ostatniej filozoficznej pracy. Wyprowadzona bowiem stopniowo z postulatu niezmienniczości doktryna zyskuje naczelne miejsce w jego epistemologii właśnie w *The Philosophy of Physical Science*. Miano „strukturalizmu” nadaje tu on całej swej filozofii, obok drugiego określenia, jakim jest „selektywny subiektywizm”, i odnosi je bardziej do drugiej, w większym stopniu zmatematyzowanej, części książki<sup>80</sup>. Przede wszystkim autor stara się wyjaśnić pochodzenie struktury grupowej w poznaniu fizykalnym. Najpierw, według niego, wprowadza się symbole dla różnych bytów czy jakości, a następnie relacje pomiędzy tymi obiektami, które można zastąpić zbiorem symbolicznych operacji przeprowadzających jeden obiekt w drugi. Kluczową sprawę stanowi w tym momencie, aby wybrane operacje tworzyły zbiór skończony, a więc grupę, co zapewnia, że nie ma potrzeby wprowadzania meta-operacji etc. *ad infinitum*, bowiem te same operacje miałyby działać zarówno na obiekty, jak i na same operacje. Dopiero na tym etapie ma miejsce matematyzacja niematematycznego zasadniczo poznania. Grupa bowiem posiada abstrakcyjną strukturę, która może być opisana matematycznie. Opis ten dotyczy wyłącznie relacji pomiędzy operacjami, nie zaś ich fizycznej natury i jest całkowicie wyabstrahowany od poszczególnych bytów czy relacji, mogą więc istnieć grupy różnych operacji o tej samej strukturze grupowej. Jednak dzięki temu, że struktura taka daje się wyrazić ściśle przy użyciu formuł matematycznych, staje się ona komunikowalna, podczas gdy większość naszego poznania komunikowalna nie jest. Pojęcie struktury zapewnia więc intersubiektywność poznania, co jest podstawowym warunkiem naukowości. W szczególności dotyczy to fizyki: „Fizyka składa się z czysto strukturalnej wiedzy, tak że możemy poznać tylko strukturę wszechświata, który ona opisuje”<sup>81</sup>. Natomiast wszelkie pojęcia ogólniejsze od strukturalnego, takie jak na przykład ogólne pojęcie przestrzeni, są wprawdzie przejawem wrodzonych form myślowych, lecz nie wnoszą do fizyki nic prócz złudnych upiększeń, jak uważa Sir Arthur.

---

*and Poetry* (London 1934) z uwagą: „Nie znam lepszego streszczenia obecnego poglądu naukowego” (*Foreword*, s. VIII).

<sup>80</sup>Por. PPS, s. VIII n. W szczególności koncepcja ta zawarta jest w rozdz. IX PPS (s. 137–153).

<sup>81</sup>PPS, s. 142. Por. też FT, s. 267: „Poznanie świata jest z konieczności ograniczone do poznania struktury. Jedyne środki do opisanie abstrakcyjnej struktury (...) dostarczają nam metody symbolicznej algebry”.

Wnikliwej krytyce poddał eddingtonowskie pojęcie struktury matematycznej R. B. Braithwaite<sup>82</sup>. Zarzucał przede wszystkim niewłaściwe zastosowanie algebraicznej teorii grup przy tworzeniu tego pojęcia. Zgodnie z definicją grupy wymagane jest wyspecyfikowanie obok elementów grupy także działania grupowego, tymczasem Eddington tego nie czyni. Mówienie więc, że dwa zbiory posiadają tę samą strukturę grupową, nic nie znaczy, dopóki nie poda się sposobu powiązania elementów. Z zależności struktury od natury łączącego elementy działania wynika, że dychotomia treść–struktura poznania jest nie do utrzymania. Drugi poważny zarzut dotyczył formalizmu  $E$ -algebry, którym posługuje się Eddington wyprowadzając z pierwotnej struktury własności świata fizycznego, w tym jego strukturę czasoprzestrzenną. Braithwaite twierdzi, że w formalizmie tym odnalazł błąd, który czyni bezzasadnymi dalsze twierdzenia Sir Arthura<sup>83</sup>.

W obszernej odpowiedzi Eddington<sup>84</sup> podkreśla m.in., że struktura grupy jest właśnie niezależna nie tylko od rodzaju elementów, lecz również i od natury działania grupowego. Ten stopień abstrakcji zapewnia porównywalność różnych struktur i w istocie, jego zdaniem, przyczynił się do szerokiego zastosowania teorii grup w fizyce. Dla Eddingtona cecha abstrakcyjności jest szczególnie użyteczna, gdyż zgodnie z jego filozofią nie można dotrzeć poznawczo do natury świata zewnętrznego i jego elementów. Co więcej, nie daje się rozróżnić pomiędzy naturą elementów grupy a naturą łączącej je relacji, ponieważ „element jest tym, czym jest, dzięki swej relacji względem struktury grupowej”, dlatego też elementy abstrakcyjnej grupy nazwał „operatorami”. Ponadto można mieć wątpliwość, stwierdza uczony, czy Braithwaite w ogóle uchwycił główną ideę strukturalizmu. Opierając się bowiem na Russella krytyce teorii struktury nie zauważa on zmian wprowadzonych w niej przez Eddingtona. Tymczasem Russell w swej pionierskiej pracy nie doszedł już do koncepcji takiej struktury grupowej, która jest czysto abstrakcyjna, nie zaś zbudowana z konkretnych bytów czy relacji.

Nowym i ważnym aspektem strukturalizmu Eddingtona z *The Philosophy of Physical Science* jest też zaakcentowanie podwójnej natury pojęcia struktury, a mianowicie odniesienie go również do zespołu postrzeżeń w poznaniu zdroworoządkowym. Jego zdaniem, matematyczna teoria struktury

<sup>82</sup>Por. R. B. Braithwaite, „*The Philosophy of Physical Science*”. By Sir Arthur Eddington, „Mind”, 49(1940) 455–466. Wydaje się, że faktycznie Eddington nie odwołuje się ściśle do definicji grupy przekształceń.

<sup>83</sup>Por. tamże, s. 460 n. Rzecz dotyczy PPS, s. 162–169.

<sup>84</sup>Por. *Group Structure in Physical Science*, „Mind”, 50(1941) 268–279.

stanowi odpowiedź na filozoficzne pytanie o to, co właściwie poznajemy, skoro nie znamy nigdy bezpośrednio zdarzeń w zewnętrznym świecie, lecz tylko ich przypuszczalne efekty w swoim mózgu. Sądzi on, że trudności wielu filozofów z uzasadnieniem realizmu poznania wynikają z negacji fizykalnych osiągnięć objawiającej się w założeniu, iż doznanie zmysłowe odnosi się do czegoś w zewnętrznym świecie, co różni się od samego doznania, a więc do czegoś nie-mentalnego. Tymczasem poznanie świata fizykalnego nie zaczyna się w ten sposób. Pojedyncze wrażenie nic nie mówi, a „punktem wyjściowym fizyki jest poznanie struktury grupowej zbioru wrażeń zawartego w świadomości”<sup>85</sup>. Przyjmując za słuszną kauzalną teorię poznania i teorię rozdzielnich łańcuchów przyczynowych, przejętą głównie od B. Russella, Eddington może powiedzieć, że istnieje ścisła odpowiedniość pomiędzy strukturą wrażeń a strukturą świata zewnętrznego. Nie jest przy tym tak, by ta ostatnia była jedynie przyczyną wrażeń dochodzących do świadomości, bowiem wrażenia również posiadają taką samą strukturę. Zatem przyczyna obu struktur jest jedna i tkwi w niepoznawalnej sferze bytu. Dlatego też strukturę można nazwać zdarzeniem fizykalnym. Dokładniej — „zdarzenie fizykalne jest strukturalnym pojęciem czegoś, czego wrażenie jest pojęciem ogólnym”<sup>86</sup>.

W ten sposób doktryna struktury staje się dla niego narzędziem przezwyciężenia dualizmu i prowadzi do teorii neutralnego monizmu, używając terminologii Russella<sup>87</sup>, gdzie umysł i materia nie pozostają w jaskrawym kontraście. Według samego Eddingtona „odkrycie, że poznanie fizykalne jest poznaniem strukturalnym, znosi wszelki dualizm świadomości i materii. Dualizm zależy od wiary, że w zewnętrznym świecie znajdujemy coś o naturze niewspółmiernej z naszą świadomością, lecz wszystko to, co fizyka odsłania nam w zewnętrznym świecie, jest strukturą grupową, a strukturę taką znajduje się też w świadomości”<sup>88</sup>. Po raz kolejny cytuje on tu na poparcie swych wywodów ten sam fragment B. Russella *Introduction to Mathematical Philosophy* i przyznaje, że praca Russella z 1919 roku, choć pisana niezależnie od nowych teorii naukowych, była dla nich, tj. dla samego Eddingtona,

<sup>85</sup>PPS, s. 148.

<sup>86</sup>Tamże, s. 149. Dwa aspekty teorii struktury omawia Yolton, *The Philosophy of Science*, s. 63–66. Ten wrażliwość łączy się z kauzalną teorią percepcji, matematyczny zaś wiązać się będzie z twierdzeniem o wiedzy *a priori*.

<sup>87</sup>Eddington zdecydowanie woli mówić o *mind-stuff* zamiast o *neutral-stuff*, ponieważ dla niego ostateczna rzeczywistość ma charakter duchowy (por. Eddington, „*The Analysis*”, s. 95).

<sup>88</sup>PPS, s. 150.

filozoficzną iluminacją. Jednocześnie uczony wskazuje, że to dopiero matematyczna teoria grup pozwoliła mu w pełni sformułować ideę struktury<sup>89</sup>.

Jak jednak wynika z przedstawionego materiału, znaczący i podstawowy wpływ na ten strukturalistyczny sposób myślenia miała teoria względności z tkwiącymi w niej ideami: niezmienniczości, obserwowalności jedynie relacji między obiektami oraz różnorodności zależnej tylko od zróżnicowania relacji pomiędzy identycznymi jednostkami<sup>90</sup>. Eddington wprawdzie w kolejnych swych pracach stopniowo odchodził od relatywistycznego kontekstu teorii struktury, nie można jednak zapominać, że większość jego poglądów w tej kwestii zawarta była już w *The Mathematical Theory of Relativity*. Doktryna struktury od początku pomyślana też była jako sposób przezwyciężenia sprzeczności pomiędzy koncepcją niezmienniczego, absolutnego świata zewnętrznego a ontologią (czy też raczej jej brakiem), sugerowanego również przez teorię względności, operacjonizmu. Wynikający stąd idealizm bywa przez krytyków oddzielany w ocenie od samego strukturalizmu i bardzo różnie traktowany. Natomiast strukturalizm Eddingtona zasłużył sobie na liczne pochwały<sup>91</sup> i zgodny jest ze współczesną tendencją formalnego ujęcia przedmiotu poznania panującą w filozofii fizyki i nie tylko<sup>92</sup>. Mówi się więc, że „jako ten, który rozjaśniał logiczny status fizyki, Eddington dobrze prowadził swoje pokolenie”<sup>93</sup>.

---

<sup>89</sup>Por. tamże, s. 151–153. Braithwaite również podkreśla oryginalny wkład Eddingtona w znaną skądinąd (Russell, Schlick) teorię strukturalnego poznania; wkład polegający na zdefiniowaniu pojęcia struktury („*The Philosophy*”, s. 462). Całość eddingtonowskiej teorii struktury szeroko analizuje Yolton, *The Philosophy of Science*, s. 40–66. Por. też M. Johnson, *Science and the Meanings of Truth*, London 1946, s. 70–73.

<sup>90</sup>Podobnie uważa A. Motycka, *Między fizyką a filozofią, czyli epistemologia naukowa Sir Arthura Eddingtona*, „*Studia Filozoficzne*”, 1981, nr 11(192), s. 98 n.

<sup>91</sup>Np. Johnson mówi, że jest to „mistrzowska analiza poznania fizykalnego jako chwytania struktury” (*Science and the Meanings*, s. 121).

<sup>92</sup>Przez swój relacjonizm, a także aprioryzm, teoria Eddingtona upodabnia się do nurtu strukturalistycznego w lingwistyce i badaniach humanistycznych. Por. K. Rosner, *Strukturalizm*, w: *Filozofia a nauka. Zarys encyklopedyczny*, Wrocław 1987, s. 687.

<sup>93</sup>Johnson, *Science and the Meanings*, s. 122. Właśnie ten autor rozróżnia między mądrą i usprawiedliwioną strukturalną logiką nauki a nieusprawiedliwioną metafizyką nauki i mówi, że „Eddington przeszedł nieświadomie od porządnej logiki (w strukturalnym aspekcie swej teorii) do złej metafizyki (w subiektywistycznym aspekcie) sądząc, iż wciąż jeszcze argumentuje jako fizyk i przywołuje kryteria fizykalne” (tamże, s. 133; por. s. 121).