

Wiesław WÓJCIK

## POLEMIKI WOKÓŁ WKŁADU POINCARÉGO W POWSTANIE SZCZEGÓLNEJ TEORII WZGLĘDNOŚCI

### 1. WPROWADZENIE

Filozofia nauki Henryka Poincarégo miała, jak sędzę, istotny wpływ na rozwój nauki. Pełniła ona nie tylko funkcje inspirujące, lecz również w zasadniczy sposób projektowała nową wizję nauki. Poincaré w dużym stopniu tkwił w nowożytnym paradygmacie naukowości i nie sądził, by pozytywną rzeczą była zmiana (czy istotna ewolucja) tego paradygmatu, jednak jego filozofia umiała wskazać drogi, którymi jako fizyk czy matematyk nie był w stanie do końca pójść.

Uważam, że nie tyle istotne są podobieństwa filozofii Poincarégo na przykład z kantyzmem, nominalizmem czy empiryzmem, co różnice. Właśnie w tych różnicach tkwią elementy, wskazujące nauce nowe perspektywy rozwojowe. Przykładowo, mimo wielu podobieństw filozofia Poincarégo różni się zasadniczo od filozofii Kanta:

1. Centralnymi sądami nauki są dla Poincarégo konwencje, a nie sądy syntetyczne *a priori*.

2. W koncepcji Poincarégo sądy syntetyczne *a priori* stanowią podstawę budowy wszelkiej istotnej wiedzy; na ich podstawie formułujemy na przykład pewniki geometrii czy zasady fizyki. Kant natomiast przyjmuje za struktury aprioryczne wiedzy kategorie intelektu, a sądy syntetyczne *a priori* pojawiają się dopiero jako efekt działania kategorii intelektu.

---

\*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.

3. Rola intuicji w budowie nauki jest u Poincarégo znacznie większa niż u Kanta — precyzyjnie „wyliczone” kategorie intelektu w dużym stopniu ograniczają u Kanta rolę czystej intuicji.

4. Nauka w swojej strukturze jest dla Poincarégo „mieszaniną” obiektywnej struktury rzeczywistości (poznawanej w sposób przednaukowy) oraz struktur poznania; natomiast według Kanta nie mamy dostępu bezpośredniego do struktury rzeczywistości.

Również zasadniczo koncepcja Poincarégo różni się od nominalizmu czy empiryzmu.

Sądzę, że mając na uwadze przede wszystkim opozycję Poincarégo względem powyższych kierunków filozoficznych, łatwiej można zrozumieć polemiki (oraz prawomocność używanych w tych polemikach argumentów) związane ze znaczeniem konwencjonalizmu Poincarégo oraz dotyczące roli, jaką odegrał ten uczony w powstaniu szczególnej teorii względności.

## 2. POINCARÉ A SZCZEGÓLNA TEORIA WZGLĘDNOŚCI

Istnieją dość różnorodne opinie, dotyczące wpływu prac Poincarégo z zakresu fizyki matematycznej na powstanie szczególnej teorii względności i na jej strukturę.

Z jednej strony Whittaker<sup>1</sup> jest tym, który wręcz nazywa teorię względności teorią Lorentza–Poincarégo, a rola Einsteina ogranicza się, według niego, wyłącznie do zebrania teorii Lorentza i Poincarégo w jedną całość.

Podobne stanowisko zajmuje Keswani<sup>2</sup>. Uważa on, że w pracach Poincarégo z 1905<sup>3</sup> i 1906<sup>4</sup> roku były zawarte już wszystkie elementy, z których można zbudować szczególną teorię względności. Do tych elementów należą między innymi: uznanie zasady względności za ogólne prawo przyrody, uznanie przekształceń Lorentza za podstawowe transformacje fizyczne i ujęcie ich w formę grupy, stwierdzenie niezmienniczości równań Maxwella względem transformacji Lorentza oraz uznanie prędkości światła za stałą fizyczną. Rola Einsteina polegała wyłącznie na wyrzuceniu pojęcia eteru oraz na zbudowaniu teorii względności w formie „postulatywnej”.

<sup>1</sup>E. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity the Modern Theories 1900–1926*, New York 1954.

<sup>2</sup>G. H. Keswani, „British Journal for the Philosophy of Science” 15, 1965, 286–306 (1965).

<sup>3</sup>H. Poincaré, *Sur la dynamique de l'électron*, „Rendiconti Circolo math. di Palermo” 21, 1906, 139–176 (1906); również w: *Oeuvres*, 489–493, 494–550.

<sup>4</sup>H. Poincaré, *Sur la dynamique de l'électron*, „Compt. Rend.” 140, 1905, 1504–1508; również w: *Oeuvres*, 489–493.

Łagodniejsze stanowisko zajmuje Scribner<sup>5</sup>, który uważa, że Poincaré był tym, który najbliżej ze współczesnych mu zbliżył się do szczególnej teorii względności; natomiast znaczenie Einsteina polega głównie na ujęciu dość chaotycznych spostrzeżeń Poincarégo w jednolitą i maksymalnie uproszczoną teorię.

Cuvaj<sup>6</sup> natomiast sądzi, że wkład Poincarégo dotyczy głównie strony matematycznej szczególnej teorii względności, tzn. polega na wprowadzeniu czterowektorów, grupy Lorentza, czasoprzestrzennej metryki jako niezmiennika grupy Lorentza oraz na udowodnieniu niezmienniczości równań elektrodynamiki względem grupy Lorentza i wyprowadzeniu tych równań z zasady najmniejszego działania.

W dużym stopniu przeciwstawne stanowisko zajmują na przykład Zahar<sup>7</sup> i Goldberg<sup>8</sup>, którzy uważają, że prace Lorentza i Poincarégo stanowiły zupełnie inny program badawczy, różniący się zasadniczo od szczególnej teorii względności. Zahar jednak sądzi, że — zgodnie z koncepcją programów badawczych Lakatosa — program Lorentza–Poincarégo był postępowy, a fakt, że nie był po śmierci Poincarégo rozwijany, jest w dużej mierze sprawą przypadku.

Sądzę, że dość interesujące są, nawiązujące do poglądów Holtona<sup>9</sup> na ten temat, analizy Goldberga. Przeciwwstawia się on poglądom Keswaniego i Scribnera, uważając, że Poincaré w żadnej mierze nie był nawet prekursorem szczególnej teorii względności.

Oba postulaty (o względności ruchu oraz o stałości prędkości światła) były dla Poincarégo prawdami doświadczalnymi. „Podejście Poincarégo do zasady względności kontrastuje z podejściem Einsteina, który podniósł tę zasadę na poziom prawdy *a priori* i stała się ona punktem wyjścia jego teorii”<sup>10</sup>.

Goldberg przeciwstawia Poincarégo fizyka, Poincaré’mu będącemu filozofem nauki, jeśli chodzi o jego stosunek do zasady względności. „Tak długo

---

<sup>5</sup>C. Scribner, *Henri Poincaré and the Principle of Relativity*, „American Journal of Physics” 32, 1964, 672–678.

<sup>6</sup>C. Cuvaj, *Henri Poincaré’s Mathematical Contributions to Relativity and the Poincaré Stresses*, „American Journal of Physics” 36, 1968, 1102–1113.

<sup>7</sup>E. G. Zahar, *Why did Einstein’s Programme supersede Lorentz’s?*, „British Journal for the Philosophy of Science” 24, 1973, 95–123.

<sup>8</sup>S. Goldberg, *Henri Poincaré and Einstein’s Theory of Relativity*, „American Journal of Physics” 35, 1968, 934–944.

<sup>9</sup>G. Holton, *On the Origins of the Special Theory of Relativity*, „American Journal of Physics” 28, 1960.

<sup>10</sup>S. Goldberg, dz. cyt., 937.

jak zasada względności jest wynikiem doświadczenia, jak to jest u Poincarégo, nie może ona stać się postulatem w teorii; raczej jest eksperymentalnie testowanym wynikiem wewnątrz teorii, opartej na innych postulatach. W rzeczywistości Poincaré nie był zainteresowany w rozwijaniu szczególnej teorii względności. Był zainteresowany w stworzeniu, wraz z Lorentzem, teorii elektronu, teorii, która mogłaby wyjaśnić, dlaczego zachowanie materii jest takie a nie inne, teorii, która przyjęłaby jako swoje pierwsze założenie wiarę, że przestrzeń zawiera elektrony, eter i nic więcej<sup>11</sup>. Natomiast Poincaré jako filozof uznawał zasadę względności jako konwencję, a więc traktował ją jako postulat.

Również prędkość światła nie pełniła tej roli co w teorii Einsteina i nie była w teorii Poincarégo uniwersalną stałą fizyczną. „Kiedy Poincaré mówi o poruszającym się układzie odniesienia, mówi jasno o ruchu będącym w relacji do absolutnego układu — układu związanego z eterem. Kiedy układ odniesienia porusza się względem eteru, można spodziewać się znaleźć różnicę w prędkości światła poruszającego się zgodnie lub przeciwnie do kierunku ruchu. Fakt, że nie można znaleźć takiej różnicy, jest związany, według Poincarégo, z kompensującymi efektami skrócenia Lorentza–Fitzgeralda i dlatego prędkość światła nie jest w rzeczywistości uniwersalną stałą we wszystkich inercjalnych układach odniesienia; pojawia się ona jako stała w tych układach, które poruszają się względem eteru”<sup>12</sup>.

Według Goldberga podstawowymi elementami teorii Poincarégo były elektrony i eter, więc aprioryczną rangę miały te prawa, które ujmowały zachowanie się elektronów i ruch względem eteru; natomiast zasada względności i niezmienniczość prędkości światła w próżni były wyłącznie wyrażeniami wynikającymi z doświadczenia. Poincaré był więc zainteresowany w budowie jednolitej teorii, która by wyjaśniała całkowicie zachowanie się materii, zachowanie się promieniowania oraz ich wzajemny związek. Pokazywał on, jak można pogodzić teorię Lorentza z mechaniką klasyczną (ta teoria była niezgodna z trzecią zasadą Newtona). Jednak, aby utrzymać teorię Lorentza gotowy był nawet na odrzucenie zasady akcji i reakcji. Stawką nie była jednak teoria względności. „Poincaré, konwencjonalista, który pominął milczeniem ideę odrzucenia geometrii euklidesowej jako geometrii przestrzeni fizycznej, odrzucił trzecie prawo Newtona w tym celu, aby funkcjonowanie

---

<sup>11</sup>Tamże, 930.

<sup>12</sup>Tamże, 940.

fizyki mogło być znowu zrozumiałe w jednym ogólnym schemacie: w schemacie teorii elektronu Lorentza”<sup>13</sup>.

Goldberg konkluduje, że podejście Poincarégo w ogólnym ujęciu polegało na „indukcji prowadzącej do pierwszych zasad”, gdy natomiast podejście Einsteina sprowadzało się do „dedukcji z pierwszych zasad”.

„Einstein zaczynał od dwóch postulatów. Poincaré zaczynał od empirycznej obserwacji i otrzymał postulaty Einsteina jako konsekwencje eksperymentu. Einstein był zajęty budowaniem teorii mierzenia rzeczy, a Poincaré był pochłonięty mierzeniem rzeczy”<sup>14</sup>.

To ostatnie stwierdzenie Goldberga wydaje mi się szczególnie interesujące, bo wskazuje na zupełnie inne rozumienie fizyki przez Poincarégo oraz przez Einsteina. Przy budowie szczególnej teorii względności Einstein postawił sobie znacznie ograniczone zadanie:

1. Ograniczył się on do pustej przestrzeni, bez żadnych sił i mas.

2. Budował wyłącznie teorię mierzenia, abstrahując od własności fizycznych przestrzeni, tzn. szczególna teoria względności była geometryczną teorią czasu i przestrzeni.

Poza tym budował teorię w sposób czysto aprioryczny, w odróżnieniu od „mocno” empirycznego podejścia Poincarégo, jak sądził Goldberg.

Żadna z tych przedstawionych powyżej interpretacji nie wydaje mi się w gruncie rzeczy słuszna. By móc jednak przedstawić rzetelną i rzeczową polemikę, niezbędne jest wniknięcie w istotę filozoficznych poglądów Poincarégo na temat struktury teorii naukowej i jej ewolucji.

### 3. KONWENCJONALIZM POINCARÉ'GO

Sądzę, że nie to jest interesujące i odkrywcze w filozofii Poincarégo, iż na powstanie teorii fizycznej wpływ mają elementy konwencjonalne, takie jak wybór języka czy uznanie danych faktów za fakty surowe, tzn. za fakty, które są przedstawieniem subiektywnych spostrzeżeń. Oczywiście jest, że już u początku powstania teorii fizycznej pojawia się konwencja. W tym momencie jest ona czymś zewnętrznym w stosunku do budowanej teorii (sam wybór nie staje się elementem teorii, lecz wynik tego wyboru). Oczywiście, fakty surowe są niewystarczające dla nauki, gdyż odnoszą się do jednostkowych spostrzeżeń. Na ich podstawie nie można nic wnioskować. „Zaobserwowany fakt nigdy przeto nie powróci; twierdzić można jedynie, że w warunkach

---

<sup>13</sup>Tamże, 943.

<sup>14</sup>Tamże, 944.

analogicznych zajdzie fakt analogiczny. Aby przewidywać, trzeba więc odwoływać się do analogii, co już znaczy uogólniać”.

Aby więc stworzyć przydatną teorię fizyczną, należy budować zdania ogólne. Ponieważ uogólniać możemy na wiele sposobów (przy zachowaniu zgodności z doświadczeniem), więc potrzebne są kolejne elementy konwencjonalne. Według Poincarégo jedynie fakt zaobserwowany jest pewny, natomiast wszelkie uogólnienia są tylko prawdopodobne. „Jakkolwiek mocno ugruntowane może się nam wydawać dane przewidywanie, nie jesteśmy nigdy bezwzględnie pewni, że doświadczenie nie zada mu kłamu, jeśli zechcemy poddać je sprawdzeniu”.

Jedynym kryterium wyboru danego uogólnienia jest kryterium prostoty. Wybieramy prostsze prawa, a wybór ten ma przesłanki pragmatyczne i ontologiczne: pragmatyczne, bo na podstawie prostszych praw łatwiej przewidywać; natomiast ontologiczne, bo uznajemy, że świat w swojej podstawowej strukturze jest prosty. Sprecyzowanie kryterium prostoty nie jest sprawą łatwą i problem ten staje się jednym z podstawowych w dwudziestowiecznej filozofii nauki.

Ponieważ uogólnienie jest tylko hipotezą, powinno ulec sprawdzeniu poprzez doświadczenie. Może ono potwierdzić hipotezę lub ją obalić. Ciągłe potwierdzana hipoteza zamienia się, na pewnym etapie rozwoju, w zasadę fizyki. Według Poincarégo zasady fizyki są niezależne od doświadczenia — są to konwencje. Konwencję, którą jest zasada fizyki, nazwę konwencją w sensie ścisłym, w odróżnieniu od poprzednich, które są wyłącznie pewnymi wyborami. Spójrzmy na budowę prawa naukowego, zanim stanie się ono zasadą. Prawo to jest pewną strukturą  $f$  zależną od trzech elementów:  $b$  — baza,  $p$  — prostota,  $e$  — eksperyment.

$$p(\text{prawo}) = f(b, p, e)$$

W trakcie rozwoju nauki prawo fizyki ewoluuje. Powstaje „ciąg” praw  $f_1, f_2, f_3, \dots$ . Oczywiście, przy wyborze każdego z kolejnych praw w tym ciągu decyduje konwencja. Sam ciąg  $f_n$  jest pewną konwencją  $k$ . Właśnie ten ciąg staje się zasadą fizyki  $z$ . Zasada jest już strukturą  $F$  zależną od czterech elementów:  $b, p, e$  oraz  $k$ .

$$z(\text{zasada}) = F(b, p, e, k)$$

W odróżnieniu od prawa fizyki zasada tym się charakteryzuje, iż konwencja jest jej wewnętrznym elementem (dla prawa naukowego konwencja jest tylko zewnętrznym wobec niego wyborem).

Gdyby spojrzeć na ciąg praw  $f_n$  jako na program badawczy w sensie Lakatosa, to wówczas zasady fizyki (według Lakatosa) znajdowałyby się w twardym rdzeniu każdej teorii  $f_n$  i nie podlegałyby zmianie przy ewolucji tych praw. Natomiast w koncepcji Poincarégo dopiero od pewnego momentu rozwoju teorii prawo zamienia się w zasadę, tzn. twardy rdzeń „rozszerza się” w trakcie rozwoju.

Aby móc uchwycić istotę filozofii nauki Poincarégo, sądzę, że konieczną rzeczą jest przyjrzenie się temu, co stanowiło inspirację dla Poincarégo w jego rozważaniach nad strukturą nauki. Z jednej strony Poincaré był pod bardzo silnym wpływem filozofii Kanta, a z drugiej w dużym stopniu czerpał z idei zawartych w programie z Erlangen. Myślę, że zobaczenie, w jaki sposób filozofia wielkiego uczonego czerpała z tych źródeł, pozwoli zarazem dostrzec bardzo wyraźny antynominalistyczny rys tej filozofii.

#### 4. PROGRAM Z ERLANGEN A FILOZOFIA POINCARÉ'GO

W 1872 roku niemiecki matematyk F. Klein ogłosił program w geometrii<sup>15</sup>, który rzucał nowe światło na matematykę. Przyjrzyjmy się dokładniej *Rozważaniom porównawczym o nowszych badaniach geometrycznych*, gdzie Klein przedstawia swoją koncepcję.

Klein wychodzi od spostrzeżenia, że istnieją przekształcenia, które nie zmieniają własności pewnych figur geometrycznych. Za podstawowe własności uznaje własności geometryczne, tzn. własności niezależne od położenia, wielkości bezwzględnej i od porządku. Istnieją pewne przekształcenia (przesunięcia, obroty, symetrie, podobieństwa), które nie zmieniają własności geometrycznych. Co więcej, przekształcenia te tworzą grupę, którą Klein nazywa grupą główną. Można więc traktować geometrię elementarną jako teorię badającą te własności figur geometrycznych, które nie zmieniają się pod działaniem grupy głównej.

Zauważmy, co dzieje się, gdy zamiast grupy głównej będziemy rozpatrywać pewną jej podgrupę, np. podgrupę wszystkich przekształceń zachowujących długość odcinków (tzn. izometrii). Oczywiście, większa liczba własności figur jest zachowywana przy izometriach, niż przy przekształceniach grupy głównej (obszerniejszej od grupy izometrii). Oznacza to, że struktura przestrzeni względem grupy głównej jest uboższa (badamy mniej własności), niż struktura przestrzeni względem grupy izometrii. Można jednak

---

<sup>15</sup>F. Klein, *Rozważania porównawcze o nowszych badaniach geometrycznych*, „Mathematische Annalen” 43, 1893; tł. S. Dickstein, „Wiadomości Matematyczne”, t. 4, 1900, 27–61.

sztucznie wzbogacić strukturę przestrzeni, rozpatrywanej względem grupy głównej, o dodatkowy element, który jest zarazem elementem stałym grupy izometrii (w tym przypadku tym elementem stałym jest odcinek o ustalonej długości, określający strukturę metryczną przestrzeni). Otrzymujemy tym samym dwie równoważne sytuacje:

„Jest jedno i to samo, czy utwory przestrzenne badamy ze względu na grupę główną i dołączamy do nich punkt dany, czy też, gdy nie dołączając nic danego, zastępujemy grupę główną przez grupę w niej zawartą, a której przekształcenia punkt ten pozostawiają bez zmian”<sup>16</sup>.

Powyższe rozważania prowadzą do tego, że geometria zostaje sprowadzona do teorii niezmienników danej grupy przekształceń. „Jak długo podstawą badania geometrycznego jest ta sama grupa przekształceń, treść geometrii pozostaje niezmienną”<sup>17</sup>. Oznacza to, że dana ustalona grupa przekształceń jednoznacznie ustala daną geometrię, niezależnie od własności przestrzeni na której działa, np. niezależnie od wymiaru przestrzeni. F. Klein podaje jako przykład równoważność geometrii rzutowej na krzywej stożkowej oraz geometrii rzutowej na płaszczyźnie. „Przyjmijmy na stożkowej element parę punktów, zamiast punktu. Można ustanowić odpowiedniość między ogółem par punktów stożkowej a ogółem prostych płaszczyzny, przyporządkowując każdą tej parze punktów, w której przecina stożkową. Przy tym odwzorowaniu przekształcenia liniowe odtwarzające stożkową przechodzą na przekształcenia liniowe płaszczyzny (uważanej za złożoną z prostych), pozostawiające bez zmiany stożkową”<sup>18</sup>.

Tego typu równoważności można ustalać między istotnie różnymi przestrzeniami. W tym ujęciu istotna staje się ogólna struktura (grupa danych przekształceń), którą narzucamy na badaną przestrzeń. Sama możliwość narzucenia takiej struktury determinuje już własności tej przestrzeni.

Poincaré w dużym stopniu był pod wpływem wyżej przedstawionych idei. Uważał, że pojęcie grupy oraz niezmiennika ma podstawowe znaczenie dla matematyki<sup>19</sup> (rozdział 4). Tym pojęciom przypisywał zasadniczą rolę we wszelkim poznaniu. Sądził, że pojęcie grupy „preegzystuje w umyśle ludzkim” i określa pewną aprioryczną strukturę umysłu. Ta aprioryczna struktura stanowi formę poznania.

---

<sup>16</sup>Tamże, 32.

<sup>17</sup>Tamże, 37.

<sup>18</sup>Tamże, 37.

<sup>19</sup>H. Poincaré, *La science et l'hypothese*, Paris 1925; tł. M. H. Horwitz, Warszawa 1908.



Zwróćmy uwagę na różnicę z koncepcją Kanta, dla którego pojęcia czasu i przestrzeni stanowiły formę doświadczenia. Poincaré przyznaje więc doświadczeniu znacznie większą rolę, niż czyni to Kant. Świat według Poincarégo ma swoją własną, obiektywną, niezależną od umysłu strukturę, która przyjmowana jest przez umysł w sposób przedrefleksyjny. Pojęcie grupy istnieje w umyśle przed wszelkim doświadczeniem, jednak taka a nie inna struktura doświadczenia umożliwia, że to pojęcie zaczyna funkcjonować. Dokładniej, do tych elementów struktury doświadczenia należą:

(1) istnienie ciał sztywnych;

(2) możliwość kompensowania ruchu ciał sztywnych dzięki zdolności poruszania się.

Poznanie, a więc wszelkie świadome ujęcie struktury świata, możliwe jest wyłącznie w ramach pojęcia grupy. Przedstawiony wcześniej program Kleina ukazuje, jak dzięki pojęciu grupy wyłania się dana struktura geometryczna (dana geometria powstaje jako teoria niezmienników określonej grupy przekształceń). Myślę, że w tym momencie można koncepcję Poincarégo nazwać *teorią podstawowych struktur poznania*. Pojęcie *grupy* oraz *niezmiennika* stanowią centralny element podstawowych struktur poznania. Drugim elementem tej struktury jest *zasada indukcji apriorycznej*, która nadbudowuje się nad elementem pierwszym. Ta zasada polega na uświadomieniu sobie przez umysł możliwości wykonania pewnej operacji nieskończenie wiele razy. Jest ona istotnym elementem powstawania każdej wiedzy. Przykładem działania tej zasady jest zasada indukcji matematycznej czy wszelkiego typu definicje rekurencyjne. Dzięki tym dwóm wskazanym elementom konstytuującym podstawowe struktury poznania powstają pojęcia ogólne odpowiadające pewnym konkretnym strukturom, jak również ogólne prawa, które są opisem własności danej struktury.

## 5. STOSUNEK POINCARÉ'GO DO ZASADY WZGLĘDNOŚCI

Aby dokładniej wyjaśnić pojęcie zasady fizyki jako konwencji, spójrzmy na nią przez pryzmat podstawowych struktur poznania. Przyjrzyjmy się, jaki jest mechanizm powstawania zasady fizyki.

W trakcie rozwoju fizyki powstaje ciąg praw:  $f_1, f_2, f_3, \dots$ . Prawa te są kolejnymi uzgodnieniami z eksperymentem. Eksperyment może potwierdzić prawo całkowicie, lecz praktycznie zawsze istnieje pewna niezgodność między prawem fizyki a doświadczeniem. Niezgodność ta narastając z czasem wymaga pewnych modyfikacji — po takiej modyfikacji prawo uznaje się za potwierdzone przez doświadczenie. Często dane prawo pozostaje nie

zmienione, jedynie modyfikuje się towarzyszące mu prawa, co jednak i tak zmienia jego sens.

Prawo fizyki  $f_1$  zostało sformułowane na podstawie pewnych danych doświadczalnych dzięki ogólnemu pojęciu grupy (w dalszej części wyjaśnię to dokładniej). Prawo to ma więc eksperymentalne potwierdzenie. Modyfikacja, uzgadniająca dane prawo fizyki z nowymi doświadczeniami, jest możliwa dzięki drugiemu składnikowi podstawowych struktur poznania (tj. dzięki zasadzie indukcji apriorycznej), który pokazuje, że zgodność prawa z doświadczeniem może być w sposób sensowny utrzymana. Oznacza to, że wkracza czysty umysł z aprioryczną zdolnością uświadamiania sobie możliwości wykonania modyfikacji nieskończenie wiele razy. I tak powstaje zasada fizyki będąca konwencją. Kolejne prawa fizyki powstały na podstawie konwencji (również dzięki doświadczeniu oraz formalizmowi matematycznemu), która ustalała konieczność uzgodnienia danego prawa z doświadczeniem. Natomiast sama zasada jest konwencją, która polega na tym, że konwencjonalne postanowienie uzgodnienia danego prawa z doświadczeniem uznaje się za zawsze możliwe i sensowne (jest to więc stwierdzenie istnienia nieskończonego ciągu praw:  $f_1, f_2, f_3, \dots$ ).

Przyjrzyjmy się obecnie zasadzie względności Galileusza z punktu widzenia teorii podstawowych struktur poznania. Wraz z powstaniem tej zasady dokonują się równocześnie dwie rzeczy:

1. Utożsamienie ruchu jednostajnego prostoliniowego (inercjalnego) ze spoczynkiem.
2. Uznanie ruchu jednostajnego prostoliniowego za pierwotne pojęcie fizyczne.

Ruchy inercjalne uzyskują status pojęcia niezależnego od innych pojęć, również od pojęcia przestrzeni absolutnej.

Zauważmy, że zasada względności jest ściśle związana z przekształceniami Galileusza (zmiana współrzędnych położenia i prędkości przy przejściu do innego układu inercjalnego). Patrząc przez pryzmat podstawowych struktur poznania widzimy, że zasada względności Galileusza powstała na bazie ogólnego pojęcia grupy. To ogólne pojęcie grupy, dzięki utożsamieniu (w sensie fizycznym) ruchów jednostajnych prostoliniowych ze spoczynkiem, stało się grupą przekształceń Galileusza.

Zauważmy, że w fizyce Arystotelesa każdy ruch wymaga fizycznego wyjaśnienia (tylko spoczynek jest stanem, którego nie trzeba fizycznie usprawiedliwiać). W mechanice klasycznej Newtona wszelki ruch inercjalny ma już taki status (jest to więc pierwotne pojęcie fizyczne, gdyż prawa me-

chaniki nie mogą stwierdzić istnienia ruchu inercjalnego). I właśnie w tym momencie pojawia się zasada względności. Ma ona jednak charakter ograniczony — właśnie do ruchów inercjalnych. Nie uznawał jej więc Poincaré za zasadę fizyki w swoim rozumieniu tego słowa, gdyż nie była dość ogólna. Bo „dlaczego zasada ta jest prawdziwa jedynie o tyle, o ile ruch osi jest prostoliniowy i jednostajny? Czy nie powinnaby ona narzucać się nam z równą siłą, gdy ruch ten jest niejednostajny albo przynajmniej gdy sprowadza się do jednostajnego obrotu. Otóż w obu tych przypadkach zasada ta nie jest prawdziwa”<sup>20</sup>.

Poincaré rozważa zjawisko obrotu Ziemi wokół własnej osi. Nawet gdybyśmy nie mieli możliwości obserwowania innych obiektów poza Ziemią, to jednak dałoby się stwierdzić jej ruch wirowy, na przykład poprzez eksperyment Foucaulta z wahadłem. Pojęcie ruchu jest jednak pojęciem względnym — można mówić jedynie o ruchu jednego ciała względem drugiego. Natomiast w przypadku ruchu wirowego Ziemi nie można stwierdzić względem czego się ona obraca, jeśli nie posiadamy oczywiście pojęcia przestrzeni absolutnej. Stwierdzenie: „Ziemia się obraca” ma taki sam sens jak zdanie: „dogodniej jest przyjąć, że Ziemia się obraca”. Dlaczego te wyrażenia mają taki sam sens?

Stwierdzamy, iż Ziemia nie jest układem inercjalnym, tzn., że prawa mechaniki nie są w układzie związanym z Ziemią spełnione. Wyrażając się jeszcze inaczej, oznacza to, że położenia Ziemi nie można wyliczyć na podstawie równania różniczkowego drugiego rzędu.

„Wartości odległości w jakiegokolwiek chwili zależą od ich wartości początkowych, pierwszych pochodnych, oraz od czegoś innego. Czym jest to coś innego?

Są przynajmniej trzy możliwości:

1. Tym dodatkowym parametrem może być przyspieszenie układu. Przyjęcie tej możliwości wiązałoby się z odrzuceniem podstawowej zasady fizyki, na mocy której, mając określone położenie i prędkość układu w danej chwili, możemy określić stan tego układu w dowolnej innej chwili.

2. Może to być struktura geometryczna przestrzeni, określająca w tym przypadku ruch Ziemi po krzywej.

3. Można wreszcie przyjąć istnienie jakiegoś hipotetycznego obiektu, określając jego położenie i prędkość.

Wszystkie te trzy możliwości likwidują ruch Ziemi i prowadzą do tego, iż te zjawiska obserwowane na Ziemi, które można wytłumaczyć ruchem wi-

---

<sup>20</sup>Tamże.

rowym Ziemi, zostają wyjaśnione w inny sposób: poprzez zmienione prawa fizyki lub dzięki narzuceniu przestrzeni pewnej nowej struktury matematycznej, lub przez założenie istnienia pewnego hipotetycznego obiektu”.

Zauważmy, że przez to rozumowanie Poincaré proponuje uznanie pojęcia ruchu za pojęcie pierwotne: zakładamy, że Ziemia się obraca, i nie analizujemy już dalej, co przez to należy rozumieć. Przyjmujemy założenie o ruchu wirowym Ziemi tylko jako założenie upraszczające strukturę teorii, bez wnioskowania, że ruch ten musi odbywać się względem absolutnej przestrzeni (jak sądził Newton). Tym samym ruch staje się pojęciem mającym sens sam w sobie, staje się pojęciem pierwotnym. Pojęcie ruchu, jako pojęcie pierwotne, zastępuje newtonowskie pojęcie absolutnej przestrzeni.

Widzieliśmy, że w mechanice Newtona status pojęcia pierwotnego miał tylko ruch inercjalny (np. ruch obrotowy był to ruch względem absolutnej przestrzeni); u Poincarégo wszelki ruch ma ten status. Tak jak przyjęcie założenia o tym, że ruchy inercjalne mają status pojęcia pierwotnego w fizyce, wiązało się z przyjęciem zasady względności Galileusza (obejmującej układy inercjalne), opartej na grupie przekształceń Galileusza, tak również nadanie takiego statusu wszelkim ruchom powinno wiązać się ze sformulowaniem maksymalnie ogólnej zasady względności, obejmującej wszelkie układy odniesienia i opartej na pewnej grupie przekształceń.

Krokiem do osiągnięcia tego celu była dla Poincarégo teoria Lorentza. Rozpoczął więc budowę teorii elektronu, która miała zunifikować mechanikę klasyczną z elektrodynamiką Maxwella. Teoria ta, zgodnie z filozofią nauki Poincarégo, miała być oparta na grupie przekształceń — tą grupą stała się w teorii elektronu grupa przekształceń Lorentza<sup>2122</sup>.

## 6. WNIOSKI Z POWYŻSZYCH ANALIZ — POLEMIKA

Myślę, że na podstawie powyższych analiz mogę przejść do polemiki z przedstawionymi w paragrafie 2. poglądami na temat stosunku Poincarégo do szczególnej teorii względności i jego roli w jej powstaniu.

Z koncepcją Goldberga, która wydaje mi się najbliższa koncepcji przedstawionej przeze mnie, nie zgadzam się w jednym, ale istotnym punkcie. Z pozostałymi interpretacjami, jak widać na podstawie wcześniejszych rozważań, różni się zasadniczo.

<sup>21</sup>H. Poincaré, *Sur la dynamique de l'électron*, 1906.

<sup>22</sup>H. Poincaré, *Sur la dynamique de l'électron*, 1905.

Nie uważam, aby fakt, że Poincaré traktował zasadę względności i postulat o stałości prędkości światła jako prawdy w dużym stopniu empiryczne, można było sprowadzić do różnicy w sposobie budowy teorii fizycznej. Sądzę, że tak Einstein, jak i Poincaré budowali teorię fizyczną w sposób aprioryczny, w oparciu o przyjęte podstawowe struktury aprioryczne; lecz, jak pokazywałem wcześniej, tą podstawową strukturą była dla Poincarégo struktura grupy (w przypadku teorii elektronu stała się nią grupa Lorentza), natomiast u Einsteina tą strukturą aprioryczną okazuje się stała prędkość światła w próżni. Ogólny schemat takiej właśnie konstrukcji teorii fizycznej podał Poincaré, jednak nie dostrzegł ogromnej roli uniwersalnych stałych fizycznych przy budowie teorii fizycznej.

W późniejszym okresie rozwoju fizyki tego typu stałe uniwersalne zaczęły odgrywać istotną rolę, analogiczną do tej, jaką miała stała prędkość światła w szczególnej teorii względności. Te stałe uniwersalne zaczęły pełnić rolę elementów apriorycznych określających strukturę poznania, a dokładniej określających granicę możliwości poznawczych. Na przykład, zasada komplementarności, w której istotną i wskazaną powyżej funkcję pełni stała Plancka mówi, że „jakakolwiek pomiarowy przyrząd z natury rzeczy nie jest w stanie zapewnić pomiarów o większej dokładności, niż narzucona przez zasadę nieoznaczoności”<sup>23</sup>. Oczywiście zasada ta dotyczy zjawisk mikroświata, które nie dadzą się, w myśl tej zasady, opisać w sposób zupełny.

Sam Einstein dostrzegł już tak istotną rolę swojego postulatu o stałości prędkości światła. „Szczególna teoria względności nie odbiega od klasycznej mechaniki przez postulat względności, lecz przez postulat o stałości prędkości światła w próżni, z którego, w połączeniu ze szczególną zasadą względności, wynikają w dobrze znany sposób względność równoczesności, transformacje Lorentza oraz prawa względności dotyczące zachowania się poruszających się ciał i zegarów”<sup>24</sup>.

Sądzę, że można wskazać inną bardzo ważną różnicę między Einsteinem a Poincaré'm w podejściu do teorii względności (która wiąże się zresztą z powyżej wskazaną różnicą). Myślę, że należy zgodzić się z faktem, iż prace Poincarégo z 1905 i 1906 roku zawierały wszystkie elementy potrzebne do budowy teorii względności. Te idee i pomysły kształtowały się już od kilku poprzedzających te prace lat. Pierwszą sugestią o konieczności przyjęcia uni-

---

<sup>23</sup>L. I. Schiff, *Mechanika kwantowa*, Warszawa 1977, 21.

<sup>24</sup>A. Einstein, *Bemerkungen zu der Notiz von Herrn Paul Ehrenfest: Die Translation deformierbarer Elektronen und der Flächensatz*, „Annalen der Physik” 23, 1907, 206.

wersalnej zasady względności uczynił Poincaré już w 1895 roku<sup>25</sup>, a w roku 1898<sup>26</sup> rozważał konieczność przyjęcia założenia, że prędkość światła jest stała dla wszystkich obserwatorów. Zastanawiając się nad jednolitą teorią, która wyjaśniałaby zjawiska elektrodynamiczne i mechaniczne, analizuje istniejące ówczesne teorie, które mogłyby stać się podstawą dla budowy takiej unifikującej teorii. Wyróżnia trzy teorie: Hertza, Helmholtza, Lorentza. Każda z nich ma jakieś braki, jednak najlepszą wydaje się Poincarému teoria Lorentza, mimo że nie była zgodna z zasadą akcji i reakcji. Fakt konieczności zachowania w stanie nienaruszonym zasady względności uznawał więc Poincaré za będący poza wszelką dyskusją. Uważał więc, że nowo powstała teoria fizyczna powinna zawierać tę zasadę jako konwencję.

W 1904 roku, wygłaszając referat w St. Louis, Poincaré zastanawia się nad możliwością teorii, w której zasada względności mogłaby pełnić tę rolę. „Rozpatrzmy dwa ciała naelektryzowane; chociaż wydaje się, że są one w spoczynku, to jednak uczestniczą w ruchu Ziemi. Jak nauczył nas Royland, poruszający się ładunek równoważny jest prądowi, dlatego te dwa naładowane ciała równoważne są dwóm równoległym prądom jednego znaku, a prądy takie powinny przyciągać się wzajemnie. Mierząc to przyciąganie, mierzymy szybkość Ziemi; przy czym nie prędkość Ziemi względem Słońca lub gwiazd nieruchomych, lecz prędkość absolutną. Wiem dobrze, że mogą mi powiedzieć, iż tą metodą mierzy się nie prędkość absolutną, lecz prędkość względem eteru. Jednak jak mało zadowalająca jest taka odpowiedź! Czyż nie jest oczywiste, że z zasady względności tak pojmowanej nic nie można wynioskować? Zasada ta więc nic by nam już nie powiedziała, ponieważ nie zagrażałyby jej już żadne sprzeczności. Co byśmy nie zmierzyl, zawsze moglibyśmy powiedzieć, że zmierzylśmy nie prędkość absolutną i nie prędkość eteru, lecz prędkość względem jakiejś nowej, nieznannej cieczy, którą możemy w myśli wypełnić przestrzeń”<sup>27</sup>.

Utrzymanie hipotezy dotyczącej eteru jest więc dla Poincarégo dość niebezpieczne, gdyż pozwala bronić teorię przed wszelkiego rodzaju doświadczeniami (pozbawia więc teorię kontaktu z rzeczywistością). Jednak odrzucenie eteru musi się wiązać, według Poincarégo, z przyjęciem pojęcia prędkości absolutnej, a więc w konsekwencji pojęcia absolutnej przestrzeni. Z taką ewentualnością nie mógł się zgodzić, broniąc zasady względności. Jak za-

<sup>25</sup>H. Poincaré, „L'Eclairage Electrique” 5, 1895, 14.

<sup>26</sup>H. Poincaré, „Revue de Metaphysique et de Morale” 6, 1898, 1–13.

<sup>27</sup>W. Kruczek (red.), *Literatura źródłowa do kursu „Podstawy fizyki na Politechnice Warszawskiej”*, t. 3, Warszawa 1981, 256.

uważyłem wcześniej, Poincaré proponował uznać pojęcie ruchu za pojęcie pierwotne (zastępując tym pojęciem pojęcie przestrzeni); był to krok w kierunku pełnej (ogólnej) teorii względności.

Postulat Einsteina o stałości prędkości światła (wraz z odrzuceniem pojęcia eteru) wydaje się rzeczywiście wprowadzać pewien rodzaj absolutnej przestrzeni. Jeszcze pełniej ten absolutystyczny rys fizyki Einsteina widać w przypadku ogólnej teorii względności. Zobaczmy, co na ten temat pisze M. Wegener:

„Istotna różnica między Einsteinem a Poincaréem polega na tym, że Einstein przypisywał przestrzeni wewnętrzną strukturę, co prowadziło do ukrycia newtonowskiego pojęcia siły pod prawie arystotelesowskim pojęciem naturalnego miejsca (geodezyjna). Poincaré natomiast przywraca do życia platoński pogląd na przestrzeń, w którym traktuje się ją jako pewnego rodzaju nic, tzn. coś, co nie jest ani zjawiskiem, ani ideą. Dla Platona przestrzeń jest pojęciowo uprzednia w stosunku do rzeczy oraz ruchu; jest to niematerialny zbiornik bez powierzchni ani struktury. W rzeczywistości, jeśli chodzi o przestrzeń, Einstein jest absolutystą a Poincaré relatywistą. Natomiast, biorąc pod uwagę czas, pozycja ich jest niemal zupełnie odwrócona niemal, gdyż Poincaré nie wypowiedział się ostatecznie. Poincaré był bardzo niechętny, aby pójść za Einsteinem i odrzucić ideę absolutnego czasu razem z hipotezą eteru. Mając ustaloną zasadę względności i postulat o stałej, ograniczonej prędkości światła, Poincaré jako pierwszy uświadomił sobie możliwość wykorzystania sygnałów świetlnych, w połączeniu z zegarami, do zastąpienia sztywnego pręta fizyki klasycznej. Ta procedura potwierdza pojęciowy priorytet czasu w stosunku do przestrzeni”<sup>28</sup>.

Uważam, że sytuacja nie wygląda zupełnie jasno, jeśli chodzi o fakt, czy Poincaré uznawał za pojęcie pierwotne pojęcie czasu czy pojęcie ruchu. Hipoteza czasu lokalnego (czasu „prawdziwego”) wskazywałaby na tę pierwszą ewentualność. Analizując synchronizację zegarów za pomocą sygnałów świetlnych, dochodzi Poincaré do następujących konkluzji:

„Tym sposobem wszystko zostało uporządkowane, ale czy zniknęły wszystkie nasze wątpliwości? Co się stanie, jeśli będziemy mogli wymieniać się sygnałami o innej naturze niż światło, których prędkość rozchodzenia się będzie różna od prędkości światła? Jeśli po tym, jak zsynchronizowaliśmy nasze zegary z pomocą optycznej procedury, zechciałoby się nam sprawdzić

---

<sup>28</sup>M. Wegener, *Poincaré's Theory of Restricted Relativity: Newtonian versus Einsteinian interpretations*, History of Ideas dept., bygn. 308, Aarhus Universitet Ndr. Ringgade, 8000 C, Danmark.

te zegary za pomocą tych nowych sygnałów, wtedy ujawnilibyśmy rozbieżności, które pokazują nam absolutny ruch”<sup>29</sup>.

Jak widzimy, w tych rozważaniach Poincaré poddaje w wątpliwość możliwość przyjęcia apriorycznego założenia mówiącego, że prędkość światła jest stałą maksymalną, prędkością w przyrodzie (założenia prowadzącego do względności równoczesności i dylatacji czasu). Ten fragment może sugerować, że to czas, a nie prędkość, jest dla Poincarégo pojęciem pierwotnym (absolutnym). Chodzi o to, że Poincaré uważa, iż prędkość światła jest maksymalną prędkością w układzie związanym z eterem. Na podstawie transformacji Lorentza w każdym innym układzie inercyjnym prędkość światła też musi być prędkością maksymalną, chyba że założymy, iż we wszystkich układach odniesienia, oprócz czasu lokalnego, posiadamy możliwość mierzenia czasu absolutnego („prawdziwego”).

Zauważmy jednak, że analiza zasady względności doprowadza Poincarégo do przyjęcia pojęcia ruchu za pojęcie pierwotne (por. paragraf poprzedni). Również ta ewentualność wskazuje w sposób zasadniczy na różnice między Einsteinem a Poincaréem w podejściu do teorii względności.

Dla Poincarégo pojęcie względności ruchu (a w konsekwencji zasada względności) staje się podstawowym pojęciem, w oparciu o które pragnie on budować teorię fizyczną; prędkość światła pojawia się wyłącznie jako parametr w równaniach, a jej stałość wynika z zasady względności oraz z przekształceń Lorentza.

Natomiast dla Einsteina podstawowym założeniem jest postulat o stałości prędkości światła, a postulat względności jest wyłącznie postulatem pomocniczym i dlatego pojęcie stałej prędkości światła w próżni może pełnić rolę elementu apriorycznie określającego nasze poznanie.

Trudno powiedzieć, która z tych ewentualności miała w przypadku Poincarégo naprawdę miejsce, gdyż ani nie był jednoznaczny i konsekwentny w deklaracjach na ten temat, ani nie rozwinął bardziej teorii elektronu, co również pozwoliłoby tę sprawę wyjaśnić. W sytuacji, gdy analizuje strukturę fizyki, to przychyła się do przyjęcia pojęcia ruchu za pojęcie pierwotne; gdy natomiast rozwija teorię elektronu, to wówczas tym pojęciem pierwotnym jest dla niego pojęcie czasu. Dlatego operuje pojęciem skrócenia Lorentza–Fitzgeralda i traktuje je jako efekt dynamiczny (w odróżnieniu od Einsteina, dla którego to skrócenie miało wyłącznie znaczenie kinetyczne), jednak nie używa pojęcia dylatacji czasu operuje pojęciem czasu lokalnego i prawdziwego.

---

<sup>29</sup>W. Kruczek, dz. cyt., 264–265.



Można więc pokusić się o postawienie tezy, że w swojej refleksji nad nauką był Poincaré „pełnym” relatywistą (nie dopuszczał żadnej formy absolutyzacji, co w gruncie rzeczy czynił Einstein); jednak przy budowie teorii elektronu tkwił całkowicie w schemacie mechaniki klasycznej (absolutny czas i relatywna przestrzeń).

*Wiesław Wójcik*