ROCZNIKI FILOZOFICZNE
Tom XLV, zeszyt 3 – 1997

ZENON EUGENIUSZ ROSKAL
Lublin

ONTOLOGICZNE ZAŁOŻENIA STRUKTURALISTYCZNEGO UJĘCIA AKSJOMATYZACJI NIERELATYWISTYCZNEJ MECHANIKI PUNKTU MATERIALNEGO

WSTĘP

Odnowiony przez M. Dummetta[1] klasyczny spór filozoficzny na osi realizm–idealizm przybrał formę sporu, dla którego bardziej adekwatną charakterystyką jest oś realizm–antyrealizm. Według Dummetta opozycja realizm–antyrealizm nie dotyczy kontrowersji odniesionych do pewnej klasy bytów czy terminów, ale kontrowersji odniesionych do klasy zdań (o świecie fizycznym, o zdarzeniach, o stanach mentalnych itp.). Spór ten dotyczy zatem, pośrednio, rodzaju znaczenia posiadanego przez klasę kontrowersyjnych zdań. W tak zarysowanej perspektywie możemy postrzegać też toczoną w filozofii analitycznej dyskusję nad modalnością. W szczególności dotyczy to kontrowersji, jakie pojawiają się w związku z próbą określenia statusu ontologicznego tej kategorii. Stanowiska w sporze o modalność można różnie konceptualizować. Można mówić na przykład o modalnym realizmie i antyrealizmie (D. Lewis), można też przeciwstawiać modalny realizm modalnemu redukcjonizmowi (A. Plantinga) czy w szczególności ograniczając się do pewnych typów modalności, mówić o dwóch pojęciach światów możliwych: światy konkretne i abstrakcyjne obiekty proste (P. van Inwagen). Jednakże wobec braku neutralnej bazy empirycznej, na podstawie której dałoby się jedno-

[1] *Truth and Other Enigmas*, London 1978; t e n ż e, *The Seas of Language*, Oxford 1993. Por. T. S z u b k a, *Michael Dummett i antyrealizm*, w: A. B r o n k (red.), *Filozofować dziś. Z badań nad filozofią najnowszą*, Lublin 1995, s. 327-346.

znacznie rozstrzygnąć ten spór, należy szukać k o n s e k w e n c j i różnych stanowisk ontologicznych w obszarach, gdzie taka baza istnieje. Taką możliwość stworzyła ostatnio Heinza-Jürgena Schmidta koncepcja aksjomatyzacji klasycznej mechaniki punktu materialnego[2], w której – wbrew utartej opinii w strukturalistycznej filozofii nauki (P. Suppes, J. D. Sneed, W. Balzer, C. U. Moulines) o niemożliwości zdefiniowania masy za pomocą predykatów kinematycznych (położenie, prędkość, przyspieszenie) – autor nowego ujęcia aksjomatyzacji mechaniki taką możliwość jednak dostrzega. Wcześniej próby zdefiniowania masy w języku kinematycznym były podejmowane m.in. przez E. Macha (1868)[3], G. Ludwiga (1978, 1981)[4], A. Kamlaha (1988)[5] oraz przede wszystkim przez P. Havasa (1957)[6] i M Trümpera (1983)[7].

---

[2] *A Definition of Mass in Newton-Lagrange Mechanics*, „Philosophia Naturalis" 30(1993), s. 189-207.

[3] *Über die Definition der Masse*, „Carls Repertorium" 4(1868).

[4] Praca Schmidta nawiązuje w szczególności do wyników G. Ludwiga. Jemu też, z okazji 75. rocznicy urodzin, poświęcony jest artykuł Schmidta nawiązujący w szczególności do prac: G. L u d w i g, *Die Grundstrukturen einer physikalischen Theorie*, Berlin–Heidelberg–New York 1978, 1990[2]; t e n ż e, *Axiomatische Basis einer physikalischen Theorie und theoretische Begriffe*, „Zeitschrift für allgemeine Wissenschaftstheorie" 12(1981), s. 55.

[5] *Zur Systematik der Massedefinitionen*, „Conceptus" 22(1988), s. 69-82. Por. także: A. K a m l a h, *A Rational Reconstruction of Operational Definitions and a Proof of its Inherent Circularity*, w: P. W e i n g a r t n e r, G. S c h u r z (Hrsg.), *Logic, Philosophy of Science, and Epistemology*, Wien 1987, s. 225-229; t e n ż e, *Die Bedeutung des d'Alembertschen Prinzips für die Definition des Kraftbegriffs*, w: W. B a l z e r, A. K a m l a h (Hrsg.), *Aspekte der physikalischen Begriffsbildung. Theoretische Begriffe und operationale Definitionen*, Wiesbaden–Braunschweig 1979, s. 191-217; t e n ż e, *Positivistic Reconstruction of Theoretical Concepts*, w: A. H a r t k ä m p e r, H. J. S c h m i d t (eds.), *Structure and Approximation in Physical Theories*, New York 1981, s. 71-90; t e n ż e, *The Problem of Operational Definitions*, w: W. C. S a l m o n, G. W o l t e r s (eds.), *Logic, Language, and the Structure of Scientific Theories*, Chicago 1994, s. 175-193.

[6] Według Havasa masa w ogólności jest tensorem zdefiniowanym za pomocą związku: $m_{i,m;j,n} = \frac{\partial^2 L}{\partial \upsilon_{i,m}, \partial \upsilon_{j,n}}$, gdzie: $L : E^{2n} \times T \rightarrow R$ jest taką funkcją (lagrangianem), dla której spełnione są równania Eulera-Lagrange'a w postaci:

$$\Sigma_{j,n} \left(\frac{\partial^2 L}{\partial \upsilon_{i,m} \partial \upsilon_{j,n}} g_{j,n} + \frac{\partial^2 L}{\partial \upsilon_{i,m} \partial s_{j,n}} \upsilon_{j,n} \right) - \frac{\partial L}{\partial s_{i,m}} = 0; \; \upsilon_{i,m} = \dot{s}_{i,m}.$$

Tak też definicja masy w tym ujęciu jest związana z tzw. odwrotnym problemem rachunku wariacyjnego, tzn. z zadaniem znalezienia zasady wariacyjnej (lagrangianu) dla danych równań różniczkowych (ruchu). Por. P. H a v a s, *The Range of Application of the Lagrange Formalism I*, „Nouvo Cimento, Supplemento" 5(1957), s. 363. Por. także: R. M. S a n t i l l i, *Foundations of Theoretical Mechanics I*, New York 1978, Springer Verlag.

[7] *Lagrangian Mechanics and the Geometry of Configuration Spacetime*, „Annals of Physics" 149(1983), s. 203.

H. J. Schmidta próba definicji masy nawiązuje przede wszystkim do idei wcześniej przedstawionych przez M. Trümpera i P. Havasa.

W celu przedyskutowania ontologicznych założeń leżących u podstaw różnych ujęć aksjomatyzacji klasycznej mechaniki punktu materialnego zostaną najpierw zaprezentowane główne rysy aksjomatyzacji KMPM (w wersji zaproponowanej przez W. Balzera, C. U. Moulinesa i J. D. Sneeda), następnie zostanie zrekonstruowana aksjomatyzacja mechaniki w ujęciu H. J. Schmidta. Zasadnicza dyskusja będzie przedstawiona w trzeciej części artykułu, w której podniesiona zostanie kwestia możliwości semantycznej definiowalności masy oraz udziału założeń ontologicznych (pewna wersja modalnego realizmu) w próbach podania takiej definicji.

I. AKSJOMATYZACJA NIERELATYWISTYCZNEJ MECHANIKI PUNKTU MATERIALNEGO W NIEZDANIOWYM UJĘCIU TEORII EMPIRYCZNEJ

Niezdaniowe (strukturalistyczne) ujęcie teorii empirycznej, aczkolwiek bardzo wpływowe, nie jest jednak jednorodne[8]. Można wyróżnić w nim kilka nurtów, ale wspólne jest: a) przyjmowanie (dla potrzeb rekonstrukcji teorii empirycznych) aparatu pojęciowego nieformalnej teorii mnogości; b) żywienie tych samych intuicji dotyczących istoty teorii empirycznych (w szczególności mechaniki i szerzej – fizyki); c) akceptacja pewnych tez dotyczących logicznej rekonstrukcji teorii fizycznych oraz związków interteoretycznych. Ten nurt metodologii nauk empirycznych posiada też bogatą literaturę jemu poświęconą[9]. Jednakże celem tego artykułu nie jest zajmowanie się wprost i w

[8] Por. Z. H a j d u k, *Kontrowersyjność strukturalizmu W. Stegmüllera*, „Roczniki Filozoficzne" 32(1984), z. 3, s. 127-129.

[9] Dyskusję ze stanowiskiem strukturalistycznym możemy znaleźć w następujących pracach: T. S. K u h n, *Theory-change as Structure-change: Comments on the Sneed Formalism*, „Erkenntnis" 10(1976), s. 179-199; P. K. F e y e r a b e n d, *Changing Patterns of Reconstructions*, „British Journal for the Philosophy of Science" 28(1977), s. 351-369; I. N i i n i l u o t o, *The Growth of Theories: Comments on the Structuralist Approach*, w: J. H i n t i k a, D. G r u e n d e r, E. A g a z z i (eds.), *Theory Change, Ancient Axiomatics, and Galieo's Methodology. Proceedings of the 1978 Pisa Conference on the History and Philosophy of Science*, t. 1, Dordrecht–Boston–London 1981, s. 3-47. Historia (i kolejne stadia ewolucji) tego kierunku jest przedstawiona w: W. S t e g m ü l l e r, *Neue Wege der Wissenschaftsphilosophie*, Berlin 1980, s. 138-144. W rodzimym piśmiennictwie strukturalizmowi poświęcona jest monografia: A. J o n k i s z, *Struktura, zmienność i postęp nauki. Ujęcie strukturalne*, Lublin 1990. Por. także: M. P r z e ł ę c k i, *A Set Theoretic Versus*

całej rozciągłości strukturalistycznym ujęciem teorii empirycznej, ale jedynie przedstawienie strukturalistycznego ujęcia aksjomatyzacji klasycznej mechaniki punktu materialnego. Strukturalistyczne ujęcie teorii empirycznej jako struktury relacyjnej (teoriomnogościowej) lub – precyzyjniej – jako sekwencji kilku typów struktur (klas modeli), historycznie rzecz biorąc, wyrosło właśnie z nowszych prób aksjomatyzacji mechaniki klasycznej, ale współcześnie nie ogranicza się tylko do mechaniki ani nawet do fizyki. Niemniej jednak aksjomatyzacja mechaniki stanowi i w najnowszych pracach strukturalistów wątek bardzo istotny.

Nowe ujęcie aksjomatyzacji mechaniki[10] zapoczątkowane przez J. C. C. McKinseya, P. Suppesa i A. C. Sugara[11] w 1953 r. było następnie kontynuowane[12] przez J. Sneeda[13]. W Europie idee te rozpropagował W. Stegmüller[14]. Syntetyczne ujęcie strukturalistycznej koncepcji teorii empirycznej jest

---

Model Theoretic Approach to the Logical Structure of Physical Theories, „Studia Logica" 33(1974), s. 91-105; Z. H a j d u k, *Semantyczne ujęcie struktury i poznawczego wartościowania teorii fizykalnych*, *cz. I*, „Roczniki Filozoficzne" 28(1980), z. 3, s. 97-118; A. N o w a c z y k, *Wprowadzenie do logiki nauk ścisłych*, Warszawa 1990, s. 168-183; K. J o d k o w s k i, *Wspólnoty uczonych, paradygmaty i rewolucja naukowa*, Lublin 1990, s. 455-512; W. S t r a w i ń s k i, *Strukturalistyczne ujęcie teorii empirycznej*, w: E. P i e t r u s k a - M a d e j, W. S t r a w i ń s k i (red.), *Z problemów współczesnej teorii wiedzy*, Warszawa 1995, s. 73-100.

[10] Postulat aksjomatyzacji mechaniki klasycznej w nowoczesnym ujęciu (tzn. z pominięciem prac Newtona, d'Alemberta, Eulera itp.) po raz pierwszy został postawiony przez D. Hilberta w trzecim dniu II Międzynarodowego Kongresu Matematyków, który odbył się w Paryżu, w dniach 6-12 sierpnia 1900 r. Szósty problem z 23 słynnych *Problemów* dotyczył aksjomatyzacji fizyki, w tym mechaniki. Idee te w odniesieniu do mechaniki jako pierwszy podjął G. Hammel (1908). Później kontynuowali ją m.in. C. C. Pendse (1940), N. Simon (1947) i W. Noll (1974), ale strukturaliści nie nawiązują do tego nurtu.

[11] *Axiomatic Foundations of Classical Particle Mechanics*, „Journal of Rational Mechanics and Analysis" 2(1953), s. 253-272. Praca ta wiele zawdzięczała rozprawie doktorskiej E. W. Adamsa i pomysłom H. Rubina. Por. E. A d a m s, *Axiomatic Foundations of Classical Rigid Body Mechanics*, Stanford 1954. Por. także J. C. C. M c K i n s e y, P. C. S u p p e s, *On the Notion Invariance in Classical Mechanics*, „British Journal for the Philosophy of Science" 5(1955), s. 290-302.

[12] W roku 1953 zmarł nagle główny inicjator nowego ujęcia aksjomatyzacji mechaniki John Charles Chenoweth McKinsey. Ten bardzo zdolny logik, bliski przyjaciel i współpracownik A. Tarskiego, urodzony w 1908 r. w Frankfort (Indiana, USA) był profesorem filozofii na uniwersytecie w Standford. Por. S. R. G i v a n t, *A Portrait of Alfred Tarski*, „The Mathematical Intelligencer" 13(1991), s. 16-32.

[13] *The Logical Structure of Mathematical Physics*, Dordrecht 1971.

[14] Drugi tom pracy Stegmüllera *Probleme und Resultate der Wissenschaftstheorie und analytischen Philosophie* pt. *Theorie und Erfahrung*, II: *Theorienstrukturen und Theoriendynamik* (Berlin 1973 – tłum. ang. *The Structure and Dynamic of Theories*, New York–Heidel-

zawarte w monografii W. Balzera, C. U. Moulinesa i J. D. Sneeda (1987)[15]. Prezentacja strukturalistycznego ujęcia nierelatywistycznej mechaniki punktu materialnego[16], w zakresie ograniczonym do celów niniejszego artykułu, zostanie dokonana właśnie na podstawie tej monografii.

Aksjomatyzacja klasycznej mechaniki punktu materialnego, według ujęcia strukturalistycznego, odbywa się za pomocą tylko częściowo sformalizowanej metody, która pozwala identyfikować klasy struktur teoriomnogościowych, będące modelami teorii, utożsamiając, w pewnym sensie, teorię ze zbiorami jej modeli. Odbywa się to na drodze definicji tzw. predykatu teoriomnogościowego. Człony definiensa tego predykatu pełnią wtedy rolę aksjomatów, które z kolei ustalają zbiór modeli tej teorii. Zbiór wszystkich (aktualnych) modeli klasycznej mechaniki punktu materialnego (CPM) definiuje się następująco:

M(CPM): x jest klasyczną mechaniką punktu materialnego ($x \in$ M(CPM)) jeżeli istnieją takie ($P, T, S\ c_1, c_2, m, f$), że spełnione są następujące aksjomaty:

1. $x = \langle P, T, S, N, R, c_1, c_2, s, m, f\rangle$;
2. P, T, S – są niepustymi zbiorami, z których P jest zbiorem skończonym;
3. c_1: $T \to R$, c_2: $S \to R^3$ – są jedno-jednoznacznymi funkcjami;
4. s: $P \times T \to S$, a złożenie trzech funkcji $c_2 \circ s_p \circ \check{c}_1$ jest funkcją gładką dla każdego $p \in P$ (gdzie s_p jest funkcją otrzymaną z funkcji s przez ustalenie argumentu p, np. $s_p(t) = s(p, t)$ dla każdego $t \in T$, a $\check{c}_1$ jest funkcją odwrotną względem funkcji c_1, której istnienie jest zagwarantowane dzięki temu, że c_1 jest funkcją jedno-jednoznaczną);
5. m: $P \to R^+$;
6. f: $P \times T \times N \to R^3$

a) dla $p \in P$, funkcja r_p: $R \to R^3$ jest określona jako $r_p = c_2 \circ s_p \circ \check{c}_1$;

b) funkcja r: $P \times R \to R^3$ jest określona jako $r(p,\alpha) = r_p(\alpha)$;

7. Dla każdego $p \in P$ oraz $\alpha \in R$:

(∗) $m(p)D^2 r(p,\alpha) = \sum_{i \in N} f(p,\check{c}_1(\alpha),i)$.

---

berg–Berlin 1976) jest szczególnie ważny dla omawianej tu problematyki. Recenzja Z. Hajduka pierwszego półtomu *Theorie und Erfahrung* znajduje się w „Rocznikach Filozoficznych" 21(1973), z. 3, s. 152-155, a drugiego półtomu tamże 23(1975), z. 3, s. 192-193. Por. także H a j d u k, *Kontrowersyjność*, s. 127-147.

[15] *An Architectonic for Science. The Structuralist Program*, Dordrecht 1987.

[16] Za pomocą odmiennej notacji klasyczną mechanikę punktu materialnego rekonstruuje Stegmüller (*Theorie*, s. 108). Por. także P. Z e i d l e r, *Spór o status poznawczy teorii empirycznej. W obronie antyrealistycznego wizerunku nauki*, Poznań 1993, s. 82-84.

Struktura reprezentująca klasyczną mechanikę punktu materialnego składa się zatem z pięciu zbiorów i pięciu funkcji. Jednak nie wszystkie zbiory są tak samo ważne. Tylko trzy z nich: P – zbiór punktów materialnych, T – zbiór punktów czasowych (identyfikowany ze zbiorem liczb rzeczywistych na mocy homeomorfizmu T i R) oraz S – zbiór punktów przestrzennych (identyfikowany z iloczynem kartezjańskim $R \times R \times R$), to zbiory główne. Dwa pozostałe: N – zbiór liczb naturalnych i R – zbiór liczb rzeczywistych to zbiory pomocnicze. Spośród pięciu funkcji tylko cztery (c_1, c_2, m, f) to funkcje, dla których przeciwdziedziną jest *explicite* zbiór liczb rzeczywistych (podzbiór właściwy lub iloczyn kartezjański tego zbioru). Przeciwdziedziną funkcji s jest *explicite* fizyczna przestrzeń trójwymiarowa (zbiór punktów przestrzennych), ale faktycznie również i ten zbiór identyfikowany jest z potrójnym iloczynem kartezjańskim zbioru liczb rzeczywistych (na mocy izomorfizmu topologicznego S i R^3). Równanie (∗) jest symbolicznym zapisem drugiej zasady dynamiki newtonowskiej, gdzie $D^2r(p,\alpha)$ oznacza drugą pochodną funkcji r po czasie (α reprezentuje tutaj czas).

Obowiązująca w neopozytywizmie dychotomia (we wszystkich kontekstach) terminów teoretycznych i obserwacyjnych natrafiała na różnoraką krytykę[17]. Zwracano uwagę bądź na to, że wszystkie terminy są teoretyczne (W. V. Quine); bądź na to, że pojęcie teoretyczności określa się negatywnie, jako nieobserwacyjność (H. Putnam); bądź na to, że na 'teoretyczność' danego terminu mają także wpływ inne teorie niż ta, w której termin ten występuje (S. F. Barker). W strukturalizmie (już u Sneeda) faktycznie nie mówi się wprost o terminach naukowych, lecz o funkcjach, których podział na teoretyczne i nieteoretyczne nie jest odnoszony do języka, ale do niewyeksplikowanej teorii Θ. W praktyce jednak można tak przeformułować tę terminologię, aby była ona dorzeczna dla dychotomii terminów teoretycznych i obserwacyjnych. W terminologii Sneeda wartości niektórych funkcji (np. masy lub siły) mogą być mierzone dopiero po wcześniejszej akceptacji pewnych praw fizycznych (np. drugiej zasady dynamiki Newtona). Tym samym w teorii pojawiają się funkcje o wartościach mierzonych w Θ-zależny i

[17] Por. W. V. Quine, *Two Dogmas of Empiricism*, „Philosophical Review" 60(1951), s. 20-43; S. F. Barker, *The Role of Simplicity in Explanation*, w: H. Feigel, G. Maxwell (eds.), *Current Issues in the Philosophy of Science*, New York 1961, s. 272; H. Putnam, *What Theories Are Not*, w: E. Nagel, P. Suppes, A. Tarski (eds.), *Logic, Methodology and Philosophy of Science. Proceedings of the 1960 International Congress*, Stanford 1962, s. 243; Z. Hajduk, *Systematyzacyjna funkcja terminów i praw teoretycznych*, „Studia Philosophiae Christianae" 7(1971), s. 9.

Θ-niezależny sposób, ale jest to jeszcze dodatkowo zrelatywizowane do dziedzin zastosowań danej teorii. Kryterium teoretyczności bądź nieteoretyczności (obserwacyjność) funkcji jest zrelatywizowane zatem do danej teorii[18]. Uściślając te intuicje możemy powiedzieć, że funkcja f jest teoretyczna ze względu na Θ wtedy i tylko wtedy, gdy nie istnieje żadne zastosowanie teorii Θ, w którym funkcja ta byłaby Θ-niezależna. Odpowiednio funkcja f' jest nieteoretyczna ze względu na Θ wtedy i tylko wtedy, gdy istnieje przynajmniej jedno zastosowanie teorii Θ, w którym funkcja f' jest Θ-niezależna[19]. Przy tych rozróżnieniach takie funkcje, jak: położenie, prędkość i przyspieszenie są funkcjami nieteoretycznymi, tzn. odpowiednie terminy tj. 'prędkość', 'przyspieszenie', są terminami nieteoretycznymi (obserwacyjnymi). Funkcja m, czyli masa, jest natomiast w strukturalistycznym ujęciu aksjomatyzacji mechaniki funkcją teoretyczną i tym samym nie daje się zdefiniować za pomocą terminów obserwacyjnych (kinematycznych), tj. położenie, prędkość, przyspieszenie. Stanowisko takie jest jedynie wnioskiem płynącym z tak określonego pojęcia teoretyczności, ale – historycznie rzecz biorąc – jest ono ufundowane na wynikach badań McKinsey'a, Suppesa i Sugara. Autorzy ci, w nawiązaniu do metody Macha, usiłowali wyprowadzić definicję masy z formalnego ujęcia trzeciej zasady dynamiki Newtona. Metoda ta jednak nie zapewnia jednoznaczności rozwiązań równań, z wykorzystaniem których otrzymuje się wartości funkcji masy. Uwzględniając ten negatywny wynik, wykazali następnie niedefiniowalność semantyczną masy w języku kinematycznym, wykorzystując do tego celu metodę Padoa[20].

[18] Przykładowo nieteoretyczna w klasycznej mechanice funkcja odległości jest teoretyczna w geometrii empirycznej. Por. K. J o d k o w s k i, *Spór o kryterium teoretyczności pojęć*, „Studia Filozoficzne" 3(1980), s. 59-77; H a j d u k, *Kontrowersyjność*, s. 134-136.

[19] S n e e d, *The Logical*, s. 31-36; C. U. M o u l i n e s, *A Logical Reconstrution of Simple Equilibrium Thermodynamic*, „Erkenntnis" 9(1975), s. 106-107. Por. A. K a m l a h, *An Improvd Definition of Theoretical in a Given Theory*, „Erkenntnis" 10(1976), s. 349-359; W. B a l z e r, C. U. M o u l i n e s, *On Theoreticity*, „Synthese" 44(1980), s. 467-494.

[20] Metoda ta wiąże się wprost z problemem definiowalności semantycznej predykatów. A. Padoa, inspirowany ideami Leibniza, próbował zdefiniować niezależność pewnego terminu T_0 od pozostałych terminów $T_1...T_n$ danego systemu aksjomatycznego S. Według Padoa termin T_0 jest niezależny od terminów $T_1...T_n$, gdy istnieją takie dwie niezależne interpretacje S_1 i S_2 systemu aksjomatycznego S, że a) dziedzina obu interpretacji jest identyczna; b) $T_1...T_n$ są tak samo interpretowane w S_1 i S_2; c) T_0 ma w S_1 inną interpretację niż w S_2. Pojęcie definiowalności zostało następnie sprecyzowane i zastosowane przez A. Tarskiego i A. Lindenbauma do systemów formułowanych w języku prostej teorii typów oraz przez E. Betha dla teorii pierwszego rzędu. Por. A. T a r s k i, *Einige methodologische Untersuchungen über die Definierbarkeit der Begriffe*, „Erkenntnis" 5(1935), s. 80-100; E. B e t h, *On Padoa's*

Wykazali mianowicie, że łatwo jest znaleźć liczne modele systemów mechanicznych, które aczkolwiek mają takie same kinematyczne deskrypcje, to jednak różnią się wartościami funkcji masy (i siły)[21]. Zgodnie z rezultatami uzyskanymi w wyniku zastosowania metody Padoa znaczyło to, że jednoargumentowy predykat 'masa' był niezależny od predykatów kinematycznych ('położenie', 'prędkość', 'przyspieszenie').

2. HEINZA JÜRGENA SCHMIDTA KONCEPCJA AKSJOMATYZACJI MECHANIKI

Strukturalistyczne ujęcie aksjomatyzacji mechaniki zakłada, że klasyczna mechanika punktu materialnego jest teorią p r o c e s ó w mechanicznych. Zgodnie ze Sneedem teoria fizyczna opisuje za pomocą matematycznych struktur stany lub procesy, tj. ruchy zbiorów punktów materialnych. Procesy mechaniczne opisuje kinematyczna funkcja położenia *s*. W ujęciu Schmidta, które pod wieloma względami przypomina ujęcie strukturalistyczne, mechanika jest jednak teorią s y s t e m ó w mechanicznych. System mechaniczny[22] S może być rozpatrywany jako zbiór procesów, którym może podlegać. Przykładem takiego systemu jest nasz układ słoneczny. System planetarny możemy identyfikować ze zbiorem jego m o ż l i w y c h ruchów *S*. Wówczas do zbioru *S* zaliczymy wszystkie trajektorie, które są rozwiązaniami równań mechaniki niebieskiej. Te krzywe, które nie spełniają takiego warunku, oczywiście nie będą należeć do zbioru *S*. W celu sprecyzowania tych intuicji przejdziemy do ich formalnego ujęcia. W pierwszej kolejności zrekonstruujemy aksjomatyzację kinematyki, później zaś poprzez dołączenie stosow-

---

Method in the Theory of Definition, „Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenhappen" 56(1953), s. 330-339; t e n ż e, *The Foundations of Mathematics*, Amsterdam 1959, 1965^2. H. J. Schmidt cytuje tylko angielskie tłumaczenie pracy A. Tarskiego (znajdujące się w *Logic, Semantics, Metamathematics: Papers from 1923 to 1938*, Oxford 1956) i zastrzega się, że jego rozważania, aczkolwiek ścisłe, to jednak nie spełniają standardów ścisłości określonych przez Tarskiego. Dlatego też późniejsze nasze analizy nie będą jednoznacznie zorientowane na eksplikację definiowalności masy według standardów metamatematycznych Tarskiego, Lindenbauma, Betha i Craiga.

[21] Szczegółowa argumentacja podana jest w: M c K i n s e y, S u g a r, S u p p e s, *Axiomatic*, s. 257. Por. także A. K a m l a h, *Two Kinds of Axiomatization of Mechanics*, „Philosophia Naturalis" 32(1995), s. 31.

[22] Precyzyjna definicja będzie podana po rekonstrukcji kinematyki i sformułowaniu aksjomatu K4.

nych definicji i aksjomatów zrekonstruujemy tę cześć aksjomatyki dynamiki, która pozwala na zdefiniowanie funkcji masy w języku kinematyki.

Terminami pierwotnymi w aksjomatyce Schmidta są:

M – zbiór zdarzeń;

D – struktura różniczkowa określona na zbiorze M;

σ – binarna relacja równoczesności zdefiniowana dla elementów zbioru M;

P – zbiór punktów materialnych (cząsteczek);

S – zbiór możliwych ruchów punktów materialnych.

Pierwsze trzy aksjomaty kinematyki są następujące:

K1: Para (M, *D*) jest 4-wymiarową rozmaitością różniczkową (analityczną).

K2: Istnieją globalne bijekcje $\varkappa$: M$\rightarrow R^4$ takie, że dla każdego E, $F \in$ M $E\sigma F \Leftrightarrow \varkappa_o(E) = \varkappa_o(F)$ ($\varkappa_o$ – współrzędna czasowa lokalnego układu współrzędnych), które nazywamy dopuszczalnymi (możliwymi) układami współrzędnych.

K3: P jest zbiorem skończonym ($P = \{1,...,p\}$, gdzie $p \in P$).

Szkic rozumowania prowadzącego do pozostałych aksjomatów przedstawia się następująco. Niech g_ν będzie przyspieszeniem[23] ν-tej cząsteczki poruszającej się ruchem swobodnym (bez nakładania więzów)[24] w polu sił centralnych. Wówczas masę tej cząsteczki m_ν możemy wyliczyć, wiedząc, że jest ona współczynnikiem związanym z g_ν w ten sposób, że iloczyn $m_\nu g_\nu$ (wyrażający wypadkową siłę działającą na ν-tą cząsteczkę) spełnia pewien warunek (równoważny istnieniu lagrangianu dla tego zagadnienia) niezależny od g_ν.

---

[23] W aksjomatyce Schmidta nie są w pełni wyeksplikowane struktury matematyczne prowadzące do ścisłej pod względem matematycznym definicji przyspieszenia. Aby w pełni ściśle mówić o przyspieszeniu wcześniej należy założyć nie tylko strukturę różniczkową *D*, ale również: 1^0 Przestrzeń styczną $T_\varkappa$M określoną dla $\forall \varkappa \in$ M. 2^0 Przestrzeń wiązki stycznej $TM = \coprod_{\varkappa \in M} T_\varkappa M$. 3^0 Strukturę różniczkowalną określoną na *TM*. 4^0 Gładką surjekcję (rzut) $\pi : TM \rightarrow M$. 5^0 Cięcie s wiązki $TM \rightarrow M$, tzn. odwzorowanie s : M→TM takie, że $s(\varkappa) \in T_\varkappa M$. 6^0 Koneksję ∇ w wiązce stycznej TM→M. Wówczas przyspieszenie wzdłuż krzywej c : $]0,1[\rightarrow M$ definiuje się jako $\nabla\dot{c}$ i jest to ósme (*D* jest pierwszym piętrem) piętro tej budowli. Por. K. M a u r i n, *Analiza. Cz. II. Ogólne struktury, funkcje algebraiczne, całkowanie, analiza tensorowa*, Warszawa 1991, s. 143.

[24] H.-J. Schmidt dostrzega również możliwość modyfikacji swojej aksjomatyki idącej w kierunku rozszerzenia klasy ruchów poprzez uwzględnienie więzów. Według niego można to osiągnąć na drodze aproksymacji więzów przez odpowiednio dobrane „sztywne" potencjały. Tak zmodyfikowana mechanika byłaby przypadkiem granicznym tego ujęcia mechaniki, które legło u podstaw jego aktualnej aksjomatyzacji. Por. H.-J. S c h m i d t, *Models for Constrained Motion and d'Alembert's Principle*, „Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik" 73(1993), s. 155.

Jeżeli ten warunek jednoznacznie wyznacza współczynnik m_ν (z dokładnością do wspólnego mnożnika), to wówczas otwiera się droga do definicji masy[25]. Wychodząc z równań Lagrange'a II rodzaju w ogólnie przyjętej notacji:

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial L}{\partial \dot{q}_\nu} - \frac{\partial L}{\partial q_\nu} = 0,\ \nu = 1,...,p$$

uzyskujemy układ równań różniczkowych wiążących (w ogólności) funkcję uogólnionej siły z uogólnionymi współrzędnymi, prędkościami i przyspieszeniem:

$$F_\nu(q,\ \dot{q},\ \ddot{q},\ t) = 0,\ \text{gdzie}\ \nu = 1,...,\ p.$$

Z drugiej strony powyższe równania ruchu domnożone przez współczynniki m_ν przyjmują następującą postać:

$$\mathrm{G}_\nu(q,\ \dot{q},\ \ddot{q},\ t) : = m_\nu((\ddot{q}_\nu + g_\nu(q,\ \dot{q},\ t)) = 0,\ \text{gdzie}\ \nu = 1,...,\ p.$$

Centralna idea aksjomatyzacji Schmidta polega na wprowadzeniu aksjomatu, z którego wynikałaby identyczność funkcji F_ν i G_ν (dla wszystkich $\nu = 1,...,p$).

Ażeby jednak formalnie ująć te intuicje, należy jednak wcześniej wprowadzić pięć definicji i dwa aksjomaty.

D1: *Konfiguracyjną czaso-przestrzenią* danego systemu mechanicznego nazywamy taki podzbiór[26] K zbioru M^{p}, że $(E_1,..., E_{\mathrm{p}}) \in K \Leftrightarrow \forall\mu,\ \nu \in P E_\mu \sigma E_\nu$.

D2: *Zbiorem ruchów drugiego rzędu* nazywamy zbiór możliwych ruchów S podzbioru K jeżeli istnieje taki dopuszczalny układ współrzędnych $\varkappa : \mathrm{M} \rightarrow R^4$ oraz funkcje $g_\nu : R^{3p}\times R^{3p}\times R\rightarrow R^3$ określone dla wszystkich $\nu \in P$ (ze standardowymi argumentami q, $\dot{q}$, $t(q \in R^{3p}$, $\dot{q} \in R^{3p}$, $t \in R)$, że jeżeli S jest zbiorem rozwiązań układu równań różniczkowych dla funkcji $q_\nu : R \rightarrow R^3$, $\nu \in P$ (ze standardowym argumentem $t \in R$) postaci:

---

[25] Procedura ta bardzo dobrze się sprawdza wówczas, gdy warunek określający współczynniki m_ν wynika w prosty sposób z prawa określającego funkcję siły występującej w danym zagadnieniu fizycznym. Jednakże wówczas definicja masy byłaby zrelatywizowana właśnie do charakteru tej funkcji i można by jedynie mówić o masie określonej przez: „siłę elektrostatyczną", „siłę sprężystości" itp. Lepszym rozwiązaniem jest wykorzystanie do definicji masy zależności, która wiązałaby wiele różnych typów sił, np. trzecią zasadę dynamiki Newtona, ale wówczas pojawia się wiele dodatkowych ograniczeń. Dlatego Schmidt wybiera inną drogę, polegającą na uszczegółowieniu i wyspecyfikowaniu ujęcia Havasa (por. przypis 6).

[26] Wówczas ruch systemu mechanicznego będzie reprezentowany przez niesparametryzowaną krzywą zawartą w K.

$$\frac{d^2}{dt^2}\, q_\nu(t) + g_\nu(q, \frac{dq}{dt}, t) = 0, \; \forall \upsilon \in P, \; t \in R$$

i dla każdego $q \in S$, $\hat{q} \subset R^{3p+1}$ jest zdefiniowany jako:

$$\hat{q}: = \{(t, q_1(t), q_2(t), ..., q_p(t): t \in R\}$$

to wówczas $S = \{ X^{-1}[\hat{q}]: q \in S\}$, gdzie X jest globalnym układem współrzędnych w K korespondującym z dopuszczalnym układem współrzędnych $\varkappa$. Wówczas możemy prosto sformułować aksjomat K4 w postaci:

K4: S jest zbiorem ruchów drugiego rzędu.

oraz podać definicję systemu mechanicznego S.

Systemem mechanicznym **S** będziemy nazywać parę (P, S).
Kolejne trzy definicje umożliwiają sformułowania centralnych aksjomatów M1 i M2.

D3: Niech μ, $\nu \in P$, g_ν będą funkcjami spełniającymi aksjomat K4 oraz $\varkappa$ będzie dopuszczalnym układem współrzędnych. Wówczas $\frac{\partial g_\nu}{\partial q_\mu}(q, \dot{q}, t)$ (i odpowiednio $\frac{\partial g_\nu}{\partial \dot{q}_\mu}(q, \dot{q}, t)$ będą oznaczać macierz pochodnych cząstkowych (3×3) generowaną przez funkcje $g_\nu(q_\mu, \dot{q}_\mu)$, symbol będzie zaś oznaczać macierz odwrotną do danej.

D4: Niech μ, $\nu \in P$ ($\mu \neq \nu$), $H_{\mu\nu}$ będzie przestrzenią liniową macierzy (zdefiniowanych w D3). Wówczas powiemy, że cząstka ν silnie oddziaływuje z cząstką μ, jeżeli $H_{\mu\nu}$ zawiera macierz G taką, że $G^3 \neq 0$ lub $\mathrm{Tr}(G^2G^T) \neq 0$ (Symbol Tr oznacza ślad macierzy, tzn. sumę elementów jej głównej przekątnej).

D5: Zbiór S jest silnie nieredukowalny, jeżeli zbioru punktów materialnych P nie można tak podzielić na dwa rozłączne podzbiory właściwe P_1, P_2 ($P_1 \cup P_2 = P$) takie, że $\sim \exists_{\nu \in P_1}$, która by silnie oddziaływała z pewną cząstką $\mu \in P_2$.
Wówczas aksjomat M1 będzie można sformułować następująco:

M1: Istnieje taki dopuszczalny układ współrzędnych $\varkappa$, który spełnia następujące warunki:

(i) istnieje funkcja $C: P \times P \to R_+$;

(ii) $\forall \nu, \mu \in P : \frac{\partial g_\nu}{\partial \dot{q}_\mu} = -C_{\mu\nu} \frac{\partial g_\mu}{\partial \dot{q}_\nu}^T$;

$$\text{(iii)}\ \forall \nu,\ \mu \in P : \frac{d}{dt}\frac{\partial g_\nu}{\partial \dot{q}_\mu} = \frac{\partial g_\nu}{\partial q_\mu} - C_{\mu\nu}\frac{\partial g_\mu}{\partial q_\nu}^T;$$

$$\text{(iv)}\ \forall \lambda,\ \nu,\ \mu \in P : C_{\lambda\mu}C_{\mu\nu}\ C_{\nu\lambda} = 1.$$

Liczby $C_{\mu\nu}$ możemy następnie zidentyfikować jako stosunek mas (tzn. $\frac{m_\mu}{m_\nu}$), co formalnie można ująć w postaci następującego twierdzenia[27]:

Funkcja $C : P \times P \rightarrow R_+$ spełnia warunki (ii) - (iv), jeżeli istnieje taka funkcja $m : P \rightarrow R_+$, że $C_{\mu\nu} = \frac{m_\mu}{m_\nu}$ dla $\forall \nu,\ \mu \in P$.

Wówczas dla dowolnej sekwencji $\nu_0, \nu_1, \ldots, \nu_n \in P$ otrzymujemy

$$C_{\nu 0 \nu 1}C_{\nu 1 \nu 2}\ldots C_{\nu n \nu 0}1 = 1.$$

W celu zapewnienia jedyności istnienia funkcji C, która jest potrzebna, by zapewnić definicji masy jednoznaczność, Schmidt dodaje kolejny aksjomat M2 w postaci:

M2: Zbiór S jest silnie nieredukowalny.

Tym samym mamy zdefiniowaną funkcję masy (za pomocą funkcji $C_{\mu\nu}$) i zagwarantowaną jej jednoznaczność.

3. MODALNY REALIZM I MODALNY ANTYREALIZM W NIERELATYWISTYCZNEJ MECHANICE PUNKTU MATERIALNEGO

Aczkolwiek różne aksjomatyzacje tylko porządkują na różne sposoby ten sam zbiór twierdzeń, to jednak nie są z filozoficznego (ściślej, z ontologicznego) punktu widzenia równoważne. Na ogół bowiem r ó ż n e aksjomatyzacje oparte są na r ó ż n y c h założeniach ontologicznych. Powyższa teza może odnosić się do różnych obszarów wiedzy o aksjomatyczno-dedukcyjnej strukturze, ale argumentacja niżej przedstawiona odnosić się będzie jedynie do klasycznej mechaniki punktu materialnego. Obrona tezy o ontologicznych uwarunkowaniach różnych typów aksjomatyzacji w różnych obszarach aksjomatyczno-dedukcyjnych systemów byłaby o wiele bardziej skomplikowana i wymagałaby o wiele bardziej rozległych badań. Wydaje się też, że przedstawiona poniżej dyskusja nie da się w prosty spo-

---

[27] Dowód tego twierdzenia podaje Schmidt (*A Definition*, s. 197).

sób ekstrapolować na inne fragmenty aksjomatyczno-dedukcyjnej wiedzy, w szczególności na te jej części, które są empirycznej proweniencji. Jakie jednak różnice występują w aksjomatyzacji klasycznej mechaniki punktu materialnego w ujęciu głównego nurtu strukturalizmu, którą będziemy nazywać KSA oraz w alternatywnej wersji Schmidta, którą nazwiemy SSA? Przede wszystkim należy zauważyć[28], że aksjomatyzacja KSA, w przeciwieństwie do SSA, traktuje punkty materialne i punkty czasowe jako indywidua, czyli podmioty predykacji. W języku KSA np. położenie i-tej cząstki jest scharakteryzowane przez podanie funkcji wektora położenia tej cząstki $\vec{s}_i(t)$. Analogicznie charakteryzuje się przyspieszenie, jako drugą pochodną po czasie tej funkcji. W przeciwieństwie do tego ujęcia w języku SSA przyspieszenie relatywizuje się do ogółu punktów materialnych rozpatrywanego systemu mechanicznego **S**: $\vec{g}_i(\vec{s}_1,...\vec{s}_n,\vec{\vartheta}_1,...\vec{\vartheta}_n,t)$ i jest to m o ż l i w e przyspieszenie, które może zachodzić przy danych warunkach początkowych. Tak też choć w językach KSA i SSA występują te same terminy, to jednak mają one różne znaczenia. Poza tym język SSA jest o wiele bogatszy od czysto ekstensjonalnego języka KSA, gdyż zawiera dodatkowo pewne terminy dyspozycyjne. Używanie wzbogaconego języka o predykaty dyspozycyjne jest typowe dla fizyków, którzy uważają, że używanie tych predykatów wynika z naturalnej tendencji do mówienia o fizycznie możliwych światach i eksperymentach, które są możliwe w tych światach. Ażeby usunąć paradoks polegający na tym, że w aksjomatyce KSA 'masa' jest terminem teoretycznym i nie daje się (*sic*!) zdefiniować w języku kinematycznym, natomiast w aksjomatyce SSA termin 'masa' daje się zdefiniować za pomocą predykatów kinematycznych należy również zauważyć, że z punktu widzenia aksjomatyki KSA kinematyczna z pozoru funkcja $\vec{g}_i(\vec{s}_1,...,\vec{s}_n,\vec{\vartheta}_1,...\vec{\vartheta}_n,t)$ faktycznie jest funkcją teoretyczną. Trzeba jednak rozdzielić dwie sprawy: 1. możliwość operacyjnego zdefiniowania tak określonej funkcji oraz 2. tezę, że termin 'masa' może być zdefiniowany w każdym ujęciu kinematyki. O ile faktem jest, co zostanie niżej pokazane, że można podać taką definicję, to jednak druga teza wydaje się nieuprawomocniona. Przede wszystkim należy wykazać, że terminy kinematyczne w aksjomatyce SSA można wyposażyć w dodatkowe znaczenie, którego nie mają w aksjomatyce KSA. Jest to możliwe poprzez 'zdefiniowanie' funkcji przyspieszenia za pomocą definicji operacyjnych[29] z wykorzystaniem kontr-

---

[28] Dyskusja ontologicznych założeń mechaniki prowadzona będzie głównie na podstawie K a m l a h, *Two Kinds*, s. 39-45.

[29] Definicje operacyjne są szczególnym przypadkiem tzw. definicji redukcyjnych („zdania

faktycznych okresów warunkowych[30] w języku kinematyki KSA. Wówczas jednak funkcja $\vec{g}$ faktycznie staje się teoretyczna w KSA. Funkcję przyspieszenia w języku SSA możemy potraktować (przy niewielkich różnicach), jako dyspozycyjną funkcję prawdziwościową o wartościach liczbowych i zdefiniować w następujący sposób:

$$\ddot{\vec{s}}_i = \vec{g}_i(\vec{s}_1,\ldots,\vec{s}_n,\vec{\upsilon}_n,t) \Leftrightarrow$$

(∗∗) $A(\vec{s}_1,\ldots,\vec{s}_n,\vec{\upsilon}_1,\ldots,\vec{\upsilon}_n,t) \Box\!\!\rightarrow B(i,t,\ddot{\vec{s}}_i)$, gdzie $A(\vec{s}_1,\ldots,\vec{s}_n,\vec{\upsilon}_1,\ldots\vec{\upsilon}_n,t) \Leftrightarrow_{def.}$ w danym czasie *t* położenia punktów materialnych systemu mechanicznego **S** są $\vec{s}_i$ a prędkości $\vec{\upsilon}_i$ oraz $B(i,\ t,\ \ddot{\vec{s}}_i) \Leftrightarrow_{def.}$ i-ta cząsteczka w czasie *t* ma przyspieszenie $\ddot{\vec{s}}_i$.

Zrekonstruujemy teraz w zarysie metodę, dzięki której jest możliwa taka definicja. W pierwszej kolejności zademonstrujemy D. Lewisa interpretację kontrfaktycznych okresów warunkowych, zaś w dalszej części zastosowanie kontrfaktycznych okresów warunkowych do definicji operacyjnych predykatów dyspozycyjnych. Wprowadzony przez Lewisa symbol $\Box\!\!\rightarrow$ służy do ozna-

redukcyjnego” w terminologii Carnapa). Nie są to definicje normalne (pełne), tzn. nie pozwalają na wyeliminowanie definiowanego predykatu (wyrażenia) z dowolnego kontekstu, w którym predykat ten może występować. Dane wyrażenie o schemacie $\forall_\varkappa[P(\varkappa)\Rightarrow(Q(\varkappa)\equiv R(\varkappa))]$ nazywamy definicją redukcyjną (zdaniem redukcyjnym), jeżeli redukuje ona predykat *Q* do predykatów obserwacyjnych *P* i *R*. Definicja redukcyjna predykatu *Q* przechodzi w definicję operacyjną, jeżeli predykacja, o której mowa w implikacji $P(\varkappa)\Rightarrow Q(\varkappa)$ zachodzi w trakcie eksperymentu, wykonywania pomiarów lub innego rodzaju operacji wykonywanych przez obserwatora. Por. P. W. B r i d g m a n, *The Logic of Modern Physics*, New York 1927; R. C a r n a p, *The Methodological Character of Theoretical Concepts*, „Minnesota Studies in the Philosophy of Science” 1(1956), s. 38-76; t e n ż e, *Filozofia jako analiza języka nauki*, Warszawa 1969.

[30] Zagadnienie kontrfaktycznych okresów warunkowych było szeroko dyskutowane w literaturze logicznej pod koniec lat czterdziestych. Głównym problemem było takie przekształcenie kontrfaktycznego okresu warunkowego, aby można było dorzecznie pytać o jego prawdziwość (ponieważ prawdziwość jest własnością zdań oznajmujących). Wówczas wysunięto kilka prób rozwiązania tego problemu. Wśród tych prób najbardziej znane to propozycja H. Hiża oraz (niezależnie) R. Chisholma, w której kontrfaktyczny okres warunkowy traktuje się jako skrót wypowiedzi metajęzykowej mówiącej o wynikaniu następnika ze zbioru zdań będących koniunkcją poprzednika i pewnej wiedzy dodatkowej (zrelatywizowanej do pragmatycznego pojęcia akceptacji tej wiedzy przez osobę uznającą dany okres kontrfaktyczny); uogólnienie tego rozwiązania przez A. Fincha; podejście z pozycji teorii prawdopodobieństwa E. W. Adamsa oraz ujęcie nawiązujące do analizy modalności (konieczność) D. P. Snydera. Por. H. H i ż, *Comments and Criticisim on the Inferential Sense of Contrary-to-Fact Conditions*, „Journal of Philosophy” 48(1951), s. 586-587; R. M. C h i s h o l m, *The Contrary-to-Fact Conditional*, „Mind” 40(1946), s. 289-307; D. P. S n y d e r, *Modal Logic and its Applications*, New York 1971.

czenia operatora kontrfaktycznego okresu warunkowego[31]. Lewis stojąc na gruncie realizmu modalnego, w szeroko rozpowszechnionej i zaakceptowanej terminologii 'światów możliwych' wstępnie definiuje kontrfaktyczny okres warunkowy postaci: $A\Box\!\!\rightarrow B$ w sposób następujący:

W tych możliwych światach *u*, w których zachodzi *A* oraz spełnione są prawa przyrody rzeczywistego świata i wszystko inne jest takie same jak w świecie rzeczywistym (*ceteris paribus*) *w*, zachodzi również *B*. W celu formalnego ujęcia, aczkolwiek w dalszym ciągu uproszczonego, kontrfaktycznego okresu warunkowego Lewis wprowadza trójargumentową relację ρ, w której argumentami są: u, υ, w.

$\rho(u, \upsilon, w) \Leftrightarrow_{def.}$ Świat *u* jest tak podobny do realnego świata *w*, jak świat υ.

Używając argumentów u, υ jako zmiennych przebiegających zbiór możliwych światów, *w* jako nazwy dla świata rzeczywistego oraz relacji $\rho(u, \upsilon, w)$ otrzymujemy:

$$\exists\upsilon\forall u(A(u)\ \Lambda L(u)\ \Lambda\ \rho(u, \upsilon, w)) \Rightarrow B(u).$$

Od formy $A\Box\!\!\rightarrow B$ można łatwo przejść do bardziej skomplikowanej postaci, w której występują wolne parametry. Przykładowo:

$$D(\varkappa, f) \Leftrightarrow_{def.} \varkappa \text{ jest rozpuszczalny w płynie } f.$$

Definiens tego wyrażenia może być zrekonstruowany za pomocą wyłącznie terminów obserwacyjnych w następujący sposób: Jeżeli $\varkappa$-a włożymy do płynu f, to $\varkappa$ się rozpuści. Niech $A(\varkappa, f)$ będzie skrótem wyrażenia: 'Jeżeli $\varkappa$-a włożymy do płynu f'. Wówczas możemy zdefiniować predykat dyspozycjny 'rozpuszczalny' za pomocą kontrfaktycznego okresu warunkowego w następujący sposób:

$$D(\varkappa, f) \Leftrightarrow_{def.} A(\varkappa, f)\ \ \Box\!\!\rightarrow B(\varkappa).$$

Ze względu jednak na występowanie w tym wyrażeniu zmiennej $\varkappa$ faktycznie jest to definicja dyspozycyjej funkcji prawdziwościowej, która została wykorzystana w wyrażeniu (∗∗). Jak łatwo zauważyć w SSA relację ρ konstytuuje

[31] „If it were the case that –, then it would be the case that..." D. L e w i s, *Counterfactuals*, Oxford 1986, s. 2.

podobieństwo systemów fizycznych. Stąd $A(\vec{s}_1,...,\vec{s}_n,\vec{v}_1,\vec{v}_n,t)$ jest logicznie i nomologicznie możliwe dla wszystkich systemów z tą samą liczbą cząsteczek. Zatem w SSA 'świat, który jest najbardziej podobny do świata rzeczywistego' jest tym światem, w którym rozważane systemy mechaniczne **S** są identyczne. Kontrfaktyczny okres warunkowy z wyrażenia (∗∗) możemy zatem scharakteryzować w następujący sposób:

Jeżeli w możliwym świecie rozważamy system mechaniczny, w którym spełniony jest warunek: $A(\vec{s}_1,...,\vec{s}_n,\vec{v}_1,\vec{v}_n,t)$, to z praw fizyki wynika $B(i,t,\vec{s}_i)$. Ażeby jednak w pełni *explicite* scharakteryzować i formalnie wyrazić system mechaniczny **S**, musimy zastosować zmodyfikowane pojęcia masy, siły itp. Wówczas, przyjmując kontrfaktyczne wartości dla tych funkcji, scharakteryzujemy ten system, opierając się na własnościach różniących się od faktycznych danych kinematycznych. Tym samym wielkości te stają się 'teoretyczne' w SSA, czyli, inaczej mówiąc, przyjęcie kontrfaktycznych wartości funkcji wektora położenia i prędkości jest wprowadzeniem *implicite* terminów teoretycznych do czysto kinematycznego (obserwacyjnego) języka. Jednakże trzeba zauważyć, że chociaż możemy z wykorzystaniem tej metody definiować predykaty fizyczne, to jednak nie można tego zrobić w języku, w którym te predykaty n i e m o g ą być zdefiniowane *explicite*[32]. Znaczy to, że nie możemy definiować operacyjnie terminów teoretycznych w języku obserwacyjnym, jeżeli predykat dyspozycjonalny *D* dla systemu *S* jest zdefiniowany w następujący sposób:

$$D(s) \Leftrightarrow_{def.} (A(s) \Box\!\!\rightarrow B(s)).$$

Wynika to z tego, że predykat dyspozycyjny *D* nie jest definiowalny za pomocą samych tylko terminów obserwacyjnych *A* i *B*, ale również za pomocą relacji podobieństwa ρ, która zawiera różnego rodzaju terminy teoretyczne.

[32] Z drugiej strony jednak z twierdzenia Betha, dla definiowalności syntaktycznej, wynika, że o ile dany predykat D jest implicite zdefiniowany w teorii pierwszego rzędu T, to może być zdefiniowany *explicite*.

4. UWAGI KOŃCOWE

W dyskusji nad modalnością bardzo często zwraca się uwagę[33] na wielkie korzyści teoretyczne, jakie wynikają z wykorzystania światów możliwych (lub możliwych indywiduów znajdujących się w tych światach) w analizach filozoficznych. Oprócz znanych analiz takich pojęć modalnych jak konieczność i możliwość proponuje się wykorzystanie światów możliwych do analizy m.in. kontrfaktycznych okresów warunkowych, predeterminacji, prawdoupodobnienia (*versimilitude*) fałszywych teorii itd. Faktycznie takie analizy mają miejsce, o czym świadczy również niniejszy artykuł. Zdobycze teoretyczne osiągnięte na tej drodze wiążą się jednak z określonymi zobowiązaniami ontologicznymi. W tym przypadku mowa jest o pewnej wersji modalnego realizmu, a mianowicie o realizmie w sprawie istnienia światów możliwych. Z drugiej jednak strony rozumowanie to można odwrócić i wówczas korzyści teoretyczne, jakie uzyskujemy zaciągając tego typu zobowiązania ontologiczne, staną się argumentem na rzecz tego stanowiska ontologicznego. Możliwość zdefiniowania (z pełną świadomością ograniczeń płynących z tego typu procedur definicyjnych) masy w H. J. Schmidta ujęciu aksjomatyzacji nierelatywistycznej mechaniki punktu materialnego wydaje się taką teoretyczną zdobyczą i tym samym stanowi pośredni argument wzmacniający pozycje pewnej wersji modalnego realizmu.

ONTOLOGICAL ASSUMPTIONS STRUCTURALISTIC APPROACH FOR THE AXIOMATIZATION OF NON-RELATIVISTIC POINT MECHANICS

S u m m a r y

In the article different ontological assumptions for two fundamentally different approaches for the axiomatizaton of non-relativistic point mechanics are discussed. The first approach, that we call KSA-axiomatization, non-definability mass in kinematical language is simply taken as the essential feature in the definition of theorecity, while the second, that we call SSA-aximatization, leads to a mathematically exact and satisfactory definition of this function. We would like to resolve the apparent contradiction by demonstrating that in the background

[33] Por. D. L e w i s, *Możliwości: konkretne światy czy abstrakcyjne obiekty proste*, w: T. S z u b k a (red.), *Metafizyka w filozofii analitycznej*, Lublin 1995, s. 155-176.

of both kinds of axiomatizations diffrent ontologies are operative. The main difference between SSA axiom system and KSA-system is that SSA characterize a mechanical system by its set S of possible motions and not just by one single motion, as was done KSA. This means that SSA-system employ a much more powerful and richer language than KSA-system, and, for this reason, it is able to define concepts that are not definable in more austere axiomatizations. But in other words 'sets of possible motion' is something one would not accept in a purely extensional language. Then the two different attitudes lead to two different approaches to mechanics. On the other side the definability of mass in kinematical language is founded in the ground of the realism about possible worlds and rather seems to be a theoretical achievement, and then we can strenghten the realism about possible worlds.