

ZYGMUNT HAJDUK

POJĘCIE I FUNKCJA MODELU

W artykule nie tyle będzie chodziło o przedstawienie wyczerpującej klasyfikacji lub systematyzacji czy też typologii różnych ujęć modeli, ile o wyróżnienie i charakterystykę pojęcia i funkcji rozmaitych typów modeli stosowanych w praktyce badawczej przyrodnika. W zamiarach autora nie leży też wyeksponowanie wieloznaczności¹ tego terminu czy podanie jego ogólnie ważnej definicji, ponieważ taka próba mogłaby się okazać nieefektywna w odniesieniu do modeli stosowanych w naukach przyrodniczych. Ciekawsza wydaje się metodologiczna w zasadzie charakterystyka różnych faktycznie stosowanych pojęć modelu, jego funkcji, oraz wskazanie niektórych podziałów tego pojęcia. Kolejność analizowanych typów modeli oraz ich funkcji nie wydaje się w tym przypadku istotna.

Całość artykułu jest podzielona na trzy części. W pierwszej charakteryzuje się typy modeli, w drugiej ich funkcje, w trzeciej jest podana próba podziału pojęcia modelu.

A) TYPY MODELI

A 1) *Modele analogiczne*

Niech będzie dany zbiór przedmiotów J_1 , dla którego ważne są prawa G_1, \dots, G_n . Powyższy układ przedmiotów i praw oznaczmy przez S . W drugim układzie S^+ wyróżniamy zbiór przedmiotów J_1^+ oraz prawa G_1^+, \dots, G_n^+ . Przy odpowiednim uszeregowaniu praw otrzymujemy ich pary $G_i - G_i^+$. Mogą one posiadać tę samą strukturę syntaktyczną, zwaną też taką samą formą logiczną. Znaczy to, że G_i^+ otrzymujemy z G_i podstawiając w miejsce jednych inne stałe deskryptywne (empiryczne), przy równoczesnym zachowaniu w tych prawach odpowiednich stałych logicznych (matematycznych). Gdy warunek ten jest spełniony, odpo-

¹ Por. w tym względzie np. Y. R. Chao, *Models in Linguistics and Models in General*, [W:] *Logic, Methodology and Philosophy of Science*, E. Nagel, P. Suppes, A. Tarski (eds.). Stanford 1962, s. 563 nn.

wiednie układy praw nazwiemy syntaktycznie izomorficznymi. Dwie klasy praw są syntaktycznie izomorficzne, jeżeli izomorfizm taki zachodzi pomiędzy poszczególnymi prawami tych klas. Układy S i S^+ są nomologicznie izomorficzne ze względu na obydwie klasy praw. Izomorfizm jest pełny, jeśli odnosi się do wszystkich praw jednego i drugiego zbioru, w przeciwnym przypadku mówimy o izomorfizmie cząstkowym. W jednym i drugim przypadku układ S może służyć jako model analogiczny dla układu S^+ i odwrotnie².

Ze względu na izomorfizm cząstkowy należy w definicji modelu analogicznego wyraźnie stwierdzić relatywizację tego pojęcia do określonych praw. Zamiast posługiwać się eliptycznym zwrotem „ S jest modelem analogicznym S^+ ”, należy używać precyzyjnego sformułowania: „ S jest modelem analogicznym S^+ ze względu na klasę praw K i K^+ ”, przy czym prawa klasy K dotyczą układu S , zaś prawa klasy K^+ odnoszą się do układu S^+ . Znaczy to, że pomiędzy dwiema klasami praw zachodzi izomorfizm syntaktyczny lub że obydwie układy, ze względu na odnośne prawa, są nomologicznie izomorficzne³. Zależnie od tego, czy prawa są sformułowane w języku ilościowym czy jakościowym, wyróżniamy izomorfizm ilościowy i jakościowy oraz odpowiednio — analogiczne modele ilościowe i jakościowe.

Opisane pojęcia izomorfizmu syntaktycznego i nomologicznego wyrażają relacje symetryczne. W praktyce zaś jakiś układ S nazywa się modelem analogicznym układu S^+ ze względu na pewne prawa, jeśli S jest układem znanym, natomiast S^+ stanowi nową dziedzinę badania⁴.

Pojęcie nomologicznego izomorfizmu zostało świadomie wprowadzone i stosowane przy formułowaniu teorii fizycznych przez J. C. Maxwella⁵. Analogia fizyczna to tyle co podobieństwo formy matematycznej, jakie zachodzi między niektórymi prawami dwu różnych dziedzin badania. Rozważania Maxwella na temat analogii nasuwają teoretykom przyrodoznawstwa myśl o wprowadzeniu pewnych odmian analogii. Wyróżnia się analogię rzeczową (materialną, treściową) i formalną (struktu-

² R. Fürth, *The Role of Models in Theoretical Physics*, [W:] *Boston Studies in the Philosophy of Science*, S. Cohen, W. Wartofsky (eds.); vol. V, Dordrecht 1969, s. 339; W. Stegmüller, *Wissenschaftliche Erklärung und Begründung*, Berlin 1969, s. 133.

³ C. G. Hempel, *Aspects of Scientific Explanation*, [W:] *Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in the Philosophy of Science*, New York 1965, s. 436.

⁴ Przykłady podają: Hempel, *Aspects...*, s. 435 nn.; Stegmüller, *Wissenschaftliche...*, s. 134; E. Nagel, *Struktura nauki*, Warszawa 1970, s. 152, tłum. z ang. zbiorowe.

⁵ J. Turner, *Maxwell on the Method of Physical Analogy*, „Brit. Jour. Phi. Sci.”, 6 (1955) 226—238; tenże, *Maxwell on the Logic of Dynamical Explanation*, „Phi. Sci.”, 23 (1956) 36—47.

ralną)⁶. Dwa obiekty A oraz B są pod pewnymi względami podobne, gdy posiadają bądź kilka wspólnych cech, bądź elementy składowe A oraz ich wzajemne relacje posiadają odpowiedniki w obiekcie B. Fale np. głosowe i fale obserwowane na wodzie są rzeczowo analogiczne, jedne i drugie zaś są formalnie analogiczne do fal światła (spełniają podobne prawa). Z drugiej strony przepływ cieczy, elektryczności i ciepła jest formalnie, ale nie rzeczowo, analogiczny. Jeśli zatem dwa przedmioty są rzeczowo analogiczne, wtedy są analogiczne również formalnie, ale nie odwrotnie. Nawet analogia zupełna formalna, czyli izomorfizm, nie implikuje podobieństwa rzeczowego⁷.

Analogia rzeczowa i formalna występują w postaci słabszej i mocniejszej. Na przykład analogia rzeczowa między jednostkami tego samego gatunku czy analogia formalna między mikroskopem optycznym a elektronowym posiada formę mocniejszą. Przykładem analogii w postaci słabszej jest analogia rzeczowa między jednostkami tego samego typu systematyki biologicznej oraz formalna analogia między światłem a elektronami. Jeśli dwa przedmioty posiadają wszystkie cechy wspólne, wtedy są rzeczowo identyczne. Identyczność tak pojęta jest więc szczególnym przypadkiem analogii rzeczowej. Mówimy wtedy o modelach izohylicznych (kopiach)⁸. Modele takie, różniące się od oryginału rozmiarami, nazywają się modelami skali⁹. Jeśli zaś analogia formalna między układami przedmiotów jest zupełna, wtedy są one strukturalnie identyczne. Istotną własnością modeli rzeczowych jest pogładowość. Stąd też modele tego rodzaju są zazwyczaj zbiorem dostrzegalnych przedmiotów makroskopowych¹⁰.

Drugi rodzaj analogii, zwanej formalną, jest pewną strukturą ab-

⁶ Rozróżnienie to znajdujemy już w pracy: H. Metzger, *Les concepts scientifiques*, Paris 1926. Por. również M. Hesse, *Models and Analogies in Science*, London 1963, s. 65.

⁷ Pojęcie modelu analogicznego stosuje się czasem do układów strukturalnie analogicznych. Por. H. Stachowiak, *Gedanken zur einer allgemeinen Theorie der Modelle*, „St. Gen.”, 18 (1965) 447.

⁸ Stachowiak, *Gedanken...*, s. 441; S. Bönisch, *Zur Bedeutung von Modellen in der Wissenschaft*, [W:] *Wege des Erkennens*, H. Laitko, R. Bellmann (eds.), Berlin 1969, s. 220. Jeśli model analogiczny potraktować jako opis pewnego fragmentu przyrody, wtedy nie jest to opis literalny, ile raczej pewnego rodzaju idealizacja. Por. M. Hesse, *Models in Physics*, „Brit. Jour. Phi. Sci.”, 4 (1953) 202.

⁹ H. J. Groenewold, *The Model in Physics*, [W:] *The Concept and the Role of the Model in Mathematics and Natural and Social Sciences*, B. H. Kazemier, D. Vuysje (eds.), Dordrecht 1961, s. 98. *The Encyclopedia of Philosophy*, P. Edwards (ed.), New York 1967, vol. 5, s. 355; M. W. Wartofsky, *Conceptual Foundations of Scientific Thought*, New York 1968, s. 143.

¹⁰ Nagel, *Struktura...*, s. 105; F. Hund, *Denkschemata und Modelle in der Physik*, „St. Gen.”, 18 (1965) 175.

strakcyjnych relacji, jaka wyraża się w formalnym podobieństwie równań matematycznych, za pomocą których są formułowane prawa przyrody. To pojęcie analogii objaśnia się poprzez pojęcia homomorfizmu: A i B są formalnie analogiczne, jeśli homomorfizm zachodzi albo od A do B, albo od B do A. Jeśli taka relacja zachodzi w obydwie strony, mówimy o izomorfizmie¹¹. Liczne są przykłady analogii strukturalnej w fizyce. Wchodzi tu w grę maxwellowski przykład identyczności matematycznej struktury teorii grawitacji i równań przewodnictwa cieplnego. Nowsze przykłady znajdziemy w teorii względności i mechanice kwantowej¹².

Model stanowi analogon badanego obiektu czy procesu. Zależnie od własności, jakie posiadają model i badany obiekt, daje się wyróżnić pewne odmiany analogii. W przypadku analogii pozytywnej cechy modelu i zjawiska są podobne. Gdy cechy są różne, mówimy o analogii negatywnej. Skoro jeszcze nie zostało rozstrzygnięte, czy dany układ cech należy do pierwszej czy drugiej grupy, zwykło się mówić o analogii neutralnej¹³.

Zwracamy w końcu uwagę na tę okoliczność, iż u autorów „pozytywizujących” (R. B. Braithwaite, E. Nagel, C. G. Hempel) używa się zazwyczaj zamiennie terminów analogia i model. Za wyraźnym ich odgraniczeniem opowiadają się między innymi P. Achinstein, G. L. Farre¹⁴. Analogię traktuje się również bądź jako generalizację empiryczną, bądź jako metaforę (analogia ad hoc). Przy takim sposobie używania terminu „analogia” trudno mu przypisać jakiś odrębny walor poznawczy w badaniach przyrodniczych¹⁵.

A 2) Modele myślowe

Nie wchodząc w szczegółową dyskusję aspektu psychologicznego tych modeli — zwanych też idealnymi — zwrócimy uwagę na cechy użyteczne z punktu widzenia badań przyrodniczych. Modele myślowe są

¹¹ M. Bunge, *Analogy in Quantum Theory: From Insight to Nonsense*, „Brit. Jour. Phi. Sci.”, 18 (1967) 266 n.; M. Brodbeck, *Models, Meaning and Theories*, [W:] *Symposium of Social Theory*, L. Gross (ed.), New York 1959, s. 380.

¹² Nagel, *Struktura...*, s. 106 n.; V. A. Stoff, *Modellierung und Philosophie*, Berlin 1969, s. 125—130, z jęz. ros. tłum. S. Wollgast. Analogię materialną i formalną eksplikuje się również jako dwuczłonową relację podobieństwa i przyczynowości. E. H. Hutten, *Scientific Models*, [W:] *Contemporary Philosophy*, R. Klumbansky (ed.), Firenze 1968, vol. II, s. 126.

¹³ Hesse, *Models and Analogies...*, s. 9 n.

¹⁴ P. Achinstein, *Models, Analogies and Theories*, „Phi. Sci.”, 31 (1964) 332; G. L. Farre, *On Swanson's Theory of Models*, „Brit. Jour. Phi. Sci.”, 18 (1967) 140—144; M. Bunge, *Philosophy and Physics*, [W:] *Contemporary...*, s. 177.

¹⁵ J. Agassi, *Analogies as Generalizations*, „Phi. Sci.”, 31 (1964) 351—354.

z zasady stosowane w konstruowaniu tzw. eksperymentów myślowych. Ich specyfika zasadza się na niemożliwości (nie tylko technicznej) ich laboratoryjnej realizacji. Przykładem może służyć maxwellowski model pola elektromagnetycznego, przedstawiony w formie rurek o różnym przekroju, przez które przepływa ciecz nieściślna i pozbawiona bezwładności. Innymi przykładami są modele jądra atomowego, mianowicie model optyczny, powłokowy, kropłowy¹⁶.

Model myślowy stanowi zazwyczaj element strukturalny eksperymentu myślowego, leży mianowicie w jego punkcie wyjścia¹⁷. Drugi etap budowy takiego eksperymentu to ustalenie wyidealizowanych warunków dla modelu myślowego, który jest faktycznym przedmiotem badania. Następnie dokonuje się planowych i względnie dowolnych zmian i kombinacji ustalonych warunków celem przebadania sposobu zachowania się modelu. Poszczególne etapy konstruowania takich eksperymentów nie przebiegają w sposób całkowicie dowolny, są bowiem kontrolowane przez ustalone w danej nauce prawa¹⁸. Jeżeli w konstruowaniu takich modeli posługujemy się założeniami niezgodnymi z posiadaną wiedzą empiryczną, wtedy mówimy o modelach kontrfaktycznych lub o fikcjach naukowych¹⁹.

W związku ze stosowaniem eksperymentów myślowych na terenie współczesnej fizyki dyskusja wokół zagadnienia udziału obserwatora w takich eksperymentach jest żywa. W odniesieniu do mechaniki kwantowej dyskusja ta toczy się między przedstawicielami szkoły kopenhaskiej a rzecznikami interpretacji alternatywnych²⁰.

A 3) Modele mechaniczne

Modele materialne, fizyczne, techniczne to inne nazwy modeli mechanicznych. Są nimi przedmioty bądź zastane w przyrodzie (modele na-

¹⁶ Stoff, *Modellierung...*, s. 40 n.; Hund, *Denkschemata...*, s. 175; Stegmüller, *Wissenschaftliche...*, s. 137.

¹⁷ A. C. Benjamin, *The Logical Structure of Science*, London 1936, s. 256.

¹⁸ Stoff, *Modellierung...*, s. 242; P. Suppes, *A Comparison of the Meaning and the Uses of Models in Mathematics and the Empirical Sciences*, [W:] *The Concept...*, s. 172.

¹⁹ J. Giedymin, *Problemy, założenia, rozstrzygnięcia*, Poznań 1964, s. 96; tenże, *Charakterystyka pytań i wnioskowań kontrfaktycznych*, „*Studia Metodol.*”, 1 (1965) 34, 37; I. Dąbbska, *O narzędziach i przedmiotach poznania*, Warszawa 1967, s. 76 n.

²⁰ A. Moszkowski, *Einstein. Einblicke in seine Gedankenwelt*, Hamburg-Berlin 1921, s. 120 n.; G. Kuzniecowa, *Albert Einstein*, Warszawa 1966, s. 198 nn., z jęz. ros. tłum. Z. Mroczek; A. Einstein, L. Infeld, *Ewolucja fizyki*, Warszawa 1959, s. 235 nn., z jęz. ang. tłum. R. Gajewski; K. R. Popper, *Quantum Mechanics "without" the Observer*, [W:] *Quantum Theory and Reality*, M. Bunge (ed.), Berlin 1967, s. 7—44. Autor podaje obszerną bibliografię zagadnienia.

turalne), bądź skonstruowane (modele sztuczne). Odzworowują one własności określonego pola zjawisk fizycznych²¹. Najprostszą odmianą takich modeli są przestrzenno (geometryczno)–statyczne konfiguracje materialne. Jeśli model uwzględnia parametr czasu, a więc jeśli reprodukuje dynamikę zjawiska, wtedy mówimy o modelach kinematyczno-mechanicznych. Jeśli model uwzględnia siły działające w układzie modelowanym, mówimy o modelach dynamiczno-mechanicznych²². Od strony kategorialnej mamy tu do czynienia z relacją rzecz — rzecz lub rzecz — język (teoria)²³. Relacja, jaka zachodzi między prototypem a modelem, jest typu analogicznego²⁴. Modele mechaniczne stosowane w fizyce²⁵ reprodukują przedmiot modelowany nie tyle w sposób literalny, ile schematyczny, i to zgodnie z prawami mechaniki newtonowskiej²⁶.

Ze względu na swą naoczność modele mechaniczne stanowią pewnego rodzaju obraz obiektu modelowanego²⁷, stąd mówi się o modelach ikonicznych²⁸. Znak zaś jest ikoniczny, jeśli jest podobny w sensie obrazowym do przedstawianego obiektu. Tego rodzaju poglądowy związek między modelem a prototypem znajduje zastosowanie w fizyce²⁹. Nie zawsze daje się rozstrzygnąć ikoniczny charakter modelu, ponieważ modele nie są per se przyporządkowywane obiektom oryginalnym. Takie przyporządkowanie postuluje jakąś wiedzę uprzednią, cały szereg objaś-

²¹ Bönisch, *Zur Bedeutung...*, s. 221; I. Dąbmska, *Dwa studia z teorii naukowego poznania*, Toruń 1962, s. 25.

²² Stoff, *Modellierung...*, s. 21 n., 38; Stachowiak, *Gedanken...*, s. 443—445.

²³ L. Apostel, *Towards the Formal Study of Models in the Non-formal Sciences*, [W:] *The Concept...*, s. 4.

²⁴ Hempel, *Aspects...*, s. 434; J. O. Wisdom, *The Methodology of Natural Science*, [W:] *Philosophy in the Mid-Century*, vol. I, s. 176, R. Klibansky (ed.), Firenze 1961. W niektórych przypadkach relacja ta jest typu metaforycznego, np. model kul sprężystych dla cząsteczek gazu. Por. R. C. Lowentín, *Models, Mathematics and Metaphors*, [W:] *Form and Strategy in Science*, J. R. Gregg, F. T. C. Harris (eds.), Dordrecht 1964, s. 279.

²⁵ Przykłady takich modeli podają: M. Born, *Symbol and Reality*, „Dialectica”, 20 (1966) 152; Hesse, *Models in Physics*, s. 199; Stoff, *Modellierung...*, s. 55, 59; Brodbeck, *Models...*, s. 399.

²⁶ M. Hesse, *Forces and Fields*, New York 1961, s. 206 n.; H. Meyer, *On the Heuristic Value of Scientific Models*, „Phi. Sci.”, 18 (1951) 111—123.

²⁷ M. Schlick, *Allgemeine Erkenntnislehre*, Berlin 1928, s. 57; A. Synowiecki, *Problem mechanicyzmu w naukach przyrodniczych*, Wrocław 1969, s. 28. Stąd o fotografiach, diagramach mówi się jako o modelach graficznych, które naocznie przedstawiają związki metryczne zachodzące w oryginale. Por. Stachowiak, *Gedanken...*, s. 439, 442.

²⁸ Nazwa pochodzi od Ch. Peirce'a. Por. M. Black, *Models and Metaphors*, Ithaca 1962, s. 221.

²⁹ M. Bense, *Der Begriff der Naturphilosophie*, Stuttgart 1953, s. 61 nn.

nień. Tym samym zaś modele ikoniczne zawierają elementy konwencjonalne³⁰.

A 4) *Modele opisowe*

Ze względu na złożoność badanego pola zjawisk fizycznych modele te cechuje schematyczność. Wyodrębnione z określonego punktu widzenia zjawiska charakteryzują parametry zależne, jak i niezależne od czasu. Związki między wyróżnionymi wielkościami stanowią prawa formułowane zazwyczaj dla układów wyidealizowanych, które w przybliżeniu odwzorowują zachowanie się układów rzeczywistych. Tego rodzaju przybliżona izofunkcyjność usprawiedliwia nazwę — „modele funkcjonalne” — stosowaną dla określenia modeli opisowych³¹. W fizyce, kosmologii przyrodniczej, cybernetyce znajdujemy przykłady takich modeli³². Konstruowanie modeli opisowych jest typowe dla metody fenomenologicznej stosowanej w badaniach przyrodniczych. Nie odwołujemy się wtedy do żadnych hipotez tłumaczących naturę badanego obiektu³³. Szczególnym przypadkiem modeli opisowych są modele fundamentalne, czyli bardziej ogólne i suponowane przez inne modele opisowe. Fundamentalny charakter modeli jest zrelatywizowany do kontekstu historycznego. Modele takie nie są teoriami fizycznymi, stąd też nie są konstruowane metodą hipotetyczno-dedukcyjną³⁴.

A 5) *Modele teoretyczne*

Próba chociażby tylko fragmentarycznej charakterystyki modeli teoretycznych jest skomplikowana ze względu na ustawicznie prowadzone na ten temat dyskusje. Odnośne kontrowersje są szczególnie przypadkiem sporu o sposób ujęcia teorii naukowych, eksplikowanych na różne sposoby tak przez teoretyków przyrodznawstwa, jak i przez reprezentantów poszczególnych dyscyplin przyrodniczych. Sposób formalnego ujęcia teorii przyrodniczych oraz ich przedmiotowego odniesienia, jaki spotykamy u autorów stojących w opozycji do ujęcia pozytywizującego,

³⁰ Stachowiak, *Gedanken...*, s. 438; G. Frey, *Symbolische und ikonische Modelle*, [W:] *The Concept...*, s. 94; Stoff, *Modellierung...*, s. 42 n.

³¹ Fürth, *The Role...*, s. 327 n.; H. Stachowiak, *Über kausale, konditionale und strukturelle Erklärungsmodelle*, „Phil. Nat.”, 4 (1957) 406 n.; Hesse, *Forces...*, s. 27.

³² Stoff, *Modellierung...*, s. 39; H. Stachowiak, *Denken und Erkennen im kybernetischen Modell*, Wien 1969.

³³ A. Jabłoński, *O modelach w fizyce*, „Postępy Fizyki”, 20 (1969) 542; D. W. Theobald, *An Introduction to the Philosophy of Science*, London 1968, s. 111; M. Bunge, *Scientific Research*, Berlin 1967, t. 3/1, s. 249, t. 3/2, s. 71.

³⁴ Hesse, *Forces...*, s. 28, 101, 290, 294 n.

nie jest na tyle ukształtowany, by w interesującym nas zagadnieniu mógł stanowić punkt wyjścia rozważań³⁵. Sam wykład zagadnienia modeli teoretycznych, idący w zasadzie po linii pierwszego stanowiska, jest uwarunkowany przede wszystkim strukturą teorii.

Uwzględniając logicznie zrekonstruowany język danej dziedziny poznania przyrodniczego, podaje się jego wewnętrzną charakterystykę w postaci logicznego rachunku lub formalizmu, stanowiącego logiko-matematyczny trzon teorii empirycznej³⁶. Tego rodzaju formalizm czy też rachunek stanowi sformalizowany system aksjomatyczny jako nie zinterpretowany system dedukcyjny³⁷. W najprostszym przypadku zabiegi syntaktyczne odnoszą się do teorii o tzw. standardowej formalizacji. Teorie takie są formalizowane na gruncie węższego rachunku predykatów z identycznością³⁸. Odnośnie do teorii empirycznych o bardziej złożonej strukturze, jak np. klasyczna termodynamika czy mechanika kwantowa, stosuje się rachunki logiczne bardziej zaawansowane. Do mechaniki kwantowej wprowadza się np. pewne nieklasyczne wielowartościowe logiki, jakie zostały zbudowane między innymi przez J. Łukasiewicza i E. Posta.

Formalna rekonstrukcja teorii pozostaje w związku z formalizmem matematycznym. Na aksjomatyczny system mechaniki kwantowej, po-

³⁵ J. J. C. Smart, *Philosophy and Scientific Realism*, London 1963; P. K. Feyerabend, *Explanation, Reduction and Empiricism*, [W:] *Minnesota Studies in the Philosophy of Science*, Minneapolis 1962, t. 3, s. 28—97. Te stanowiska przedstawia E. M. Mc Kinnon, *Analysis and the Philosophy of Science*, „Intern. Phil. Quart.”, 7 (1967) 222—233. Generalną krytykę empiryzmu logicznego przeprowadzają: m. in. F. Cowley, *A Critique of British Empiricism*, London 1968; A. C. Ewing, *Non-Linguistic Philosophy*, London 1968; A. Bohnen, *On the Critique of Modern Empiricism*, „Ratio”, 11 (1969).

³⁶ P. Suppes, *What is a Scientific Theory*, [W:] *Philosophy of Science Today*, S. Morgenbesser (ed.), New York 1967, s. 56, 60; H. Mehlberg, *The Reach of Science*, Toronto, 1958, s. 225, 227.

³⁷ R. Carnap, *Filozofia jako analiza języka nauki*, Warszawa 1969, s. 233—286, z jęz. ang. tłum. A. Zabłudowski; R. B. Braithwaite, *Axiomatizing a Scientific System by Axioms in the Form of Identification*, [W:] *The Axiomatic Method*, Amsterdam 1956, s. 429—440; P. Février, *Logical Structure of Physical Theories*, [W:] *The Axiomatic...*, s. 376—388; H. Hochberg, *Axiomatic Systems, Formalisation and Scientific Theory*, [W:] *Symposium...*, s. 407—436; P. Destouches-Février, *La structure des théories physiques*, Paris 1951; E. Poznański, *Operacjonizm po trzydziestu latach*, [W:] *Fragmenty filozoficzne*, Warszawa 1959, seria II, s. 206—210; J. H. Woodger, *The Technique of Theory Construction*, [W:] *Intern. Enc. Unif. Sci.*, Chicago 1964, t. 2, nr 5; M. Przełęcki, *Teorie empiryczne w ujęciu logiki współczesnej*, [W:] *Fragmenty filozoficzne*, Warszawa 1967, seria III, s. 76, 83; Brodbeck, *Models...*, s. 385.

³⁸ Przełęcki, *Teorie empiryczne...*, s. 84; Suppes, *What...*, s. 58; E. H. Hutten, *The Language of Modern Physics*, London 1956, s. 36 nn.; tenże, *The Role of Model in Physics*, „Brit. Jour. Phi. Sci.”, 4 (1954) 284 nn.

dany przez J. von Neumanna, składają się w zasadzie zależne od czasu równanie E. Schrödingera oraz reguła statystycznej interpretacji M. Borna. Matematycznym formalizmem mechaniki kwantowej w wersji von Neumanna jest matematyczna teoria przestrzeni funkcyjnych, zwanych przestrzzeniami D. Hilberta. Powyższa teoria matematyczna jest w ramach mechaniki kwantowej zmienna z inną teorią matematyczną, mianowicie z teorią macierzy nieskończonych. Tego rodzaju zamiana teorii matematycznych nie narusza obserwacyjnych konsekwencji aksjomatów mechaniki kwantowej. Mówimy w takim przypadku o alternatywnych formalizmach matematycznych tej samej teorii empirycznej. Innym przykładem matematycznego formalizmu teorii empirycznej jest rachunek tensorowy w przypadku ogólnej teorii względności Einsteina³⁹.

Rachunki empiryczne lub fizyczne⁴⁰, jako sformalizowane systemy aksjomatyczne teorii empirycznych, chechują się pewnymi odrębnościami zarówno pod względem słownika, jak i rachunku. Słownik obok terminów logicznych (niespecyficznych) zawiera terminy pozalogiczne, deskryptywne (specyficzne). Stałe deskryptywne jako terminy teoretyczne pełnią funkcję terminów pierwotnych⁴¹, definiujących pozostałe terminy rachunku⁴². Budowanie rachunku teorii empirycznej dokonuje się w dwojaki sposób. 1° Wszystkie aksjomaty teorii są specyficzne, zaś reguły inferencji zaczerpnięte są z logiki⁴³. 2° Obok postulatów logiko-matematycznych stosuje się postulaty specyficzne⁴⁴. Ich

³⁹ H. Mehlberg, *The Theoretical and Empirical Aspects of Science*, [W:] *Logic, Methodology...*, s. 280—282. Przy tego rodzaju formalnym sposobie organizacji wiedzy empirycznej w teorie aksjomatyczne mówi się o teoriach hipotetyczno-dedukcyjnych. Por. T. Czeżowski, *O jedności nauki*, [W:] *Fragmenty...*, seria III, s. 18; V. S. Svyryjev, *Einige Fragen der logisch-methodologischen Analyse des Verhältnisses von theoretischer und empirischer Wissensebene*, [W:] *Studien zur Logik der wissenschaftlichen Erkenntnis*, Berlin 1967, s. 89 nn., z jęz. ros. tłum. G. Richer.

⁴⁰ S. Körner, *Experience and Theory*, New York 1966, s. 104; Carnap, *Filozofia...*, s. 270.

⁴¹ W. Stegmüller, *Main Currents in Contemporary German, British and American Philosophy*, Dordrecht 1969, s. 347, z jęz. niem. tłum. A. E. Blumberg; K. Ajdukiewicz, *Systemy aksjomatyczne z metodologicznego punktu widzenia*, [W:] *Logiczna teoria nauki*, Warszawa 1966, s. 197 n.

⁴² Wartofsky, *Conceptual...*, s. 144; W. Sellars, *Theoretical Explanation*, [W:] *Philosophical Perspectives*, Springfield 1967, s. 328.

⁴³ J. M. Bocheński, *The Methods of Contemporary Thought*, Dordrecht 1965, s. 77 n., z jęz. niem. tłum. P. Caws; W. Stegmüller, *Theorie und Erfahrung*, Berlin 1970, s. 304.

⁴⁴ Nagel, *Struktura...*, s. 89; M. Bunge, *Physics and Reality*, „Dialectica”, 19 (1965) 192; A. Pap, *An Introduction to the Philosophy of Science*, Glencoe 1962, s. 51 n.; J. A. Winnie, *The Implicit Definition of Theoretical Terms*, „Brit. Jour. Phi. Sci.”, 18 (1967) 223 n.

specyfika leży w sposobie uzasadnienia. Są mianowicie na tyle usprawiedliwione, na ile doświadczenie potwierdza teorematy z nich wyprowadzone. W charakterze przesłanek obok aksjomatów występują tematy oraz hipotezy pomocnicze. Z tego względu aksjomatyzacji poddaje się tylko pewne fragmenty teorii empirycznych, które są „otwarte” na doświadczenie. Zdania jednostkowe, jako raporty z przeprowadzonego doświadczenia, nie są ani aksjomatami (hipotezami najwyższego rzędu), ani zdaniem z nich wyprowadzonymi. Zbiór tych zdań narasta w miarę przeprowadzanych doświadczeń. Założenia pomocnicze w formie hipotez upraszczających dołączają się do układu aksjomatów ze względów aplikacji teorii do konkretnych przypadków. Obecność zdań jednostkowych oraz założeń pomocniczych decyduje o tym, że teorie empiryczne nie są w pełni poddawane zabiegowi aksjomatyzacji. Między tego rodzaju teoriami semi-aksjomatycznymi⁴⁵ zachodzą związki definicyjne oraz inferencyjne, pozwalające na przeprowadzanie odpowiednich modyfikacji czy korektur⁴⁶.

Poczynione uwagi z zakresu sposobu konstruowania formalnego trzonu teorii empirycznej pozostają w związku z syntaktyką modeli takich teorii. Semiotycznie rzecz biorąc modele takie stanowią układy symboli⁴⁷ oraz związki, jakie między nimi zachodzą⁴⁸. Modele teoretyczne, nazywane też nominalnymi, jako układ założeń oraz ich konsekwencji w aspekcie syntaktycznym są następująco charakteryzowane. Modelem teorii T jest inna teoria M ze względu na dedukcyjną strukturę T oraz M. Znaczy to, że pomiędzy terminami teorii T i M zachodzi relacja jedno-jednoznaczna. Podobna relacja zachodzi również pomiędzy tezami tych teorii. Skoro więc zdanie teorii T wynika logicznie z układu zdań tej teorii, wtedy jego odpowiednik z teorii M wynika w ten sposób z układu zdań tej teorii. Ponieważ dedukcyjna struktura teorii T jest odwzorowana w teorii M, rachunek wyrażający T może również wyrażać M. Teoria i model posiadają więc ten sam rachunek, zaś model jest tylko inną interpretacją rachunku teorii⁴⁹.

⁴⁵ Bunge, *Scientific...*, t. 3/1, s. 401—403. Por. również Stegmüller, *Main...*, s. 282; B. C. van Fraassen, *On the Extension of Beth's Semantics of Physical Theories*, „*Phi. Sci.*”, 37 (1970) 325—339; Apostel, *Towards...*, s. 28—30.

⁴⁶ Mehlberg, *The Reach...*, s. 208, 212.

⁴⁷ Giedymin, *Problemy...*, s. 89; tenże, *Charakterystyka pytań...*, s. 34.

⁴⁸ Stachowiak, *Gedanken...*, s. 462.

⁴⁹ R. B. Braithwaite, *Models in the Empirical Sciences*, [W:] *Logic, Methodology...*, s. 225 n.; tenże, *Scientific Explanation*, Cambridge 1953, s. 89 n.; Apostel, *Towards...*, s. 31—36; Hochberg, *Axiomatic...*, s. 429. Tego rodzaju modele są czasem nazywane strukturalnymi. Por. Brodbeck, *Models...*, s. 392, 396. Krytyka takiego ujęcia. Por. E. Göstling, *Two Views about the Function of Models in Empirical Theories*, „*Theoria*”, 27 (1961) 58 n. Termin „interpretacja”

Obok charakterystyki wewnętrznej teoria aksjomatyczna posiada charakterystykę zewnętrzną, czyli klasę modeli semantycznych. O ile model syntaktyczny jest tworem językowym, to model semantyczny stanowi możliwą realizację (dziedzinę, strukturę, układ przedmiotów), w której model nominalny jest spełniony. Jeśli tym układem przedmiotów są twory matematyczne, wtedy mówimy o modelu matematycznym⁵⁰. Dokładne określenie pojęcia modelu w naukach formalnych, dokonane w pracach Tarskiego, objaśnia się w kilku etapach. 1° Definiuje się pojęcie interpretacji J języka danego systemu aksjomatycznego w dziedzinie przedmiotów B . 2° Gdy dana jest interpretacja J_B oraz pewna formuła systemu H , określamy zwrot: J_B spełnia H . 3° Odpowiadamy na pytanie, kiedy B nazywa się modelem formuły H (lub ich układu), uwzględniając interpretację J_B ⁵¹. Nie wchodząc w szczegółowe rozważania powyższych etapów ani nie poddając analizie definicji pojęcia modelu pewnego języka⁵², ograniczymy się do skrótowych eksplikacji tego pojęcia, użytecznych w dalszych rozważaniach.

Modelem teorii jest możliwa realizacja, w której wszystkie obowiązujące zdania teorii są spełnione, zaś możliwą realizacją jest układ przedmiotów o strukturze teoriomnogościowej. Możliwą realizacją matematycznej teorii grup jest uporządkowana klasa dwuczłonowa, której pierwszy człon jest zbiorem niepustym, drugi zaś jest binarną operacją w tym zbiorze. Możliwa realizacja teorii grup jest modelem teorii, jeśli jej

w powyższym kontekście nie występuje w swej „mocnej” odmianie, czyli wyjściowe zdania modelu korelowane z początkowymi hipotezami teorii nie są kwalifikowane jako prawdziwe. Przykłady formalnie zrekonstruowanych teorii empirycznych oraz pewnych fragmentów nauk humanistycznych, ze wskazaniem odnośnej literatury, podaje Suppes, *A Comparison...*, s. 170.

⁵⁰ P. Ruben, H. Wolter, *Modell, Modellmethode und Wirklichkeit*, „Deutsch. Zeitsch. Phil.”, 17 (1969) 1230; *The Encyclopedia...*, s. 355; Dąmbska, *O narzędziach...*, s. 85; Bunge, *Scientific...*, t. 3/1, s. 468; *Mała Encyklopedia Logiki*, Warszawa 1970, s. 177. Termin „model matematyczny” jest zazwyczaj rezerwowany dla dyscyplin formalnych. Używa się również następujących jego znaczeń: 1° kwantytatywna teoria empiryczna, w której do terminów deskryptywnych są dołączone liczby, np. ilościowe prawa empiryczne; 2° arytmetyczna reprezentacja teorii empirycznej jako układ zdań analitycznie prawdziwych; 3° sformalizowana teoria. Por. Brodbeck, *Models...*, s. 391 n.

⁵¹ G. H. Müller, *Der Modellbegriff in der Mathematik*, „St. Gen.”, 18 (1965) 158 n.

⁵² R. Suszko, *Logika formalna, a niektóre zagadnienia teorii poznania*, [W:] *Logiczna...*, s. 505—578; M. Kokoszyńska, *W sprawie różnicy między naukami dedukcyjnymi i niededukcyjnymi*, [W:] *Fragmenty...*, seria III, s. 50 nn.; V. N. Sadowskij, *Die deduktive Methode als Problem der Wissenschaftslogik*, [W:] *Studien...*, s. 210 nn.; R. Carnap, *Introduction to Semantics*, Cambridge (Mass.) 1942, s. 202 nn.; P. Suppes, *Introduction to Logic*, Princeton 1957, s. 64 nn.; A. Tarski, *Logic, Semantics, Metamathematics*, Oxford 1956, rozdz. 12.

aksjomaty są spełnione. Wtedy zaś obowiązujące zdania teorii są zdefiniowane jako logiczne konsekwencje aksjomatów⁵³. Inaczej powiemy, że model semantyczny teorii to układ przedmiotów, które przyporządkowane wyrażeniom danej teorii bądź jako denotacje jej terminów stałych, bądź jako wartości zmiennych spełniają aksjomaty teorii⁵⁴. Kiedy określoną dziedzinę przyporządkowuje się jakiejś teorii, wtedy jest ona zinterpretowana, a kiedy aksjomaty zinterpretowanej teorii są w danej dziedzinie prawdziwe, wtedy jest ona modelem teorii. Ponieważ każda teoria może być zinterpretowana na wiele różnych sposobów, dlatego każda niesprzeczna teoria dedukcyjna posiada więcej niż jeden model. Każdy model wyznacza jedną z możliwych interpretacji semantycznych systemu aksjomatycznego. W szczególnym przypadku przyporządkowanie wyrażeniom teorii układu przedmiotów jako wartości zmiennych i denotacji logicznych zakłada się jako ustalone, zaś specyfika modeli stałych dokonuje się na drodze przyporządkowania denotacji stałym deskryptywnym⁵⁵. Taka interpretacja terminów specyficznych (ograniczona czasem do pierwotnych stałych specyficznych) nazywa się modelem systemu. Semantyczna interpretacja terminów specyficznych systemu teoretycznego stanowi model⁵⁶.

W powyższym kontekście termin „interpretacja” jest ściśle określony. Zwrot „interpretacja języka” posiada dwa znaczenia. 1° Interpretację stanowi model w znaczeniu dziedziny, o której daje się mówić w danym języku. 2° Interpretację stanowi pseudodziedzina, to jest model, w którym twierdzenia logiki oraz postulaty języka są prawdziwe. Interpretacja systemu to tyle co skonstruowanie modelu, w którym system jest spełniony. Interpretacja, jako semantyczna charakterystyka systemu, wyposaża jego wyrażenia w znaczenie oraz odniesienie przedmiotowe⁵⁷.

⁵³ A. Tarski, *A General Method in Proofs of Undecidability*, [W:] *Undecidable Theories*, A. Tarski, A. Mostowski, R. M. Robinson (eds.), Amsterdam 1953, rozdz. 1; P. Suppes, *Models of Data*, [W:] *Logic, Methodology...*, s. 252; tenże, *A. Comparison...*, s. 163 nn.; Czeżowski, *O jedności...*, s. 25; Stegmüller, *Wissenschaftliche...*, s. 22.

⁵⁴ Giedymin, *Problemy...*, s. 89; Apostel, *Towards...*, s. 24 nn.; Stachowiak, *Gedanken...*, s. 445; Carnap, *Replies and Systematic Exposition*, [W:] *Philosophy of R. Carnap*, P. Schilpp (ed.), La Salle 1963, s. 902; *Mala Encyklopedia...*, s. 177 n.

⁵⁵ Carnap, tamże.

⁵⁶ J. Such, *O rodzajach procedur interpretacyjnych w nauce*, „*Studia Metodologiczne*”, 6 (1969) 110 n.; Przełęcki, *Interpretacja systemów aksjomatycznych*, [W:] *Logiczna...*, s. 208 n.; K. R. Popper, *Die Logik der Forschung*, Tübingen 1966, s. 43; Wartofsky, *Conceptual...*, s. 144; Stegmüller, *Wissenschaftliche...*, s. 18.

⁵⁷ Such, *O rodzajach...*, s. 110; Przełęcki, *Teorie empiryczne...*, s. 83; Stegmüller, *Main...*, s. 310; G. Stier, *Zur Interpretationsproblematik im For-*

Jeśli taka interpretacja ma być zaakceptowana w naukach przyrodniczych, to nie może być interpretacją ad hoc, zaś zinterpretowane symbole teorii muszą spełniać jej aksjomaty. Prawdziwa interpretacja teorii abstrakcyjnej nazywa się modelem pojęciowym. Matematyczny formalizm teorii fizycznej jest modelem pojęciowym teorii abstrakcyjnej (niezinterpretowanej)⁵⁸.

Pojęcie modelu określone na gruncie teorii modeli stanowi niejednokrotnie płaszczyznę dla ujednoczenia różnych znaczeń tego pojęcia, jakie się spotyka w naukach empirycznych. Stawia się więc tezę, że pojęcie modelu w matematyce i naukach empirycznych jest takie samo. Różnice występują dopiero przy stosowaniu tego pojęcia⁵⁹. Tego rodzaju teza domaga się jednak całego szeregu dopowiedzeń, które niżej pozyczymy.

Obok semantycznej interpretacji systemów aksjomatycznych wyróżniamy ich interpretację empiryczną, której poddaje się systemy reprezentujące lub mogące reprezentować teorie empiryczne. Powstaje tu złożony problem nadawania określonego znaczenia empirycznego terminom deskryptywnym, szczególnie zaś terminom pierwotnym⁶⁰.

Podaje się dwa sposoby interpretacji terminów specyficznych, mianowicie interpretację extra- i intrasystemową. W odróżnieniu tym idzie, ogólnie rzecz biorąc, o to, że interpretacja intrasystemowa jest wyznaczona przez aksjomaty systemu, druga zaś jest nadana przez reguły se-

schungsprozess, „Deutsch. Zeitsch. Phil.”, 17 (1969 1335 nn.; Carnap, *Introduction...*, s. 203 n.; Nagel, *Struktura...*, s. 88; Bocheński, *The Methods...*, s. 79 n.; Stoff, *Modellierung...*, s. 94, 170; Sadowskij, *Die deduktive...*, s. 333. Mając na uwadze semantyczną interpretację systemów aksjomatycznych, warto zwrócić uwagę na realizm oraz instrumentalizm jako na przeciwstawne stanowiska. Według realizmu wszystkie deskryptywne terminy systemu są interpretowane niezależnie od tego, czy są terminami obserwacyjnymi czy teoretycznymi. Według instrumentalizmu semantycznej interpretacji nie posiadają terminy teoretyczne, zaś terminy obserwacyjne interpretuje się w dziedzinie, której uniwersum stanowią przedmioty obserwowalne (bądź dane zmysłowe). Tezy o terminach teoretycznych stanowią aparat przewidywania. Założenie instrumentalizmu o niezależności sensu terminów obserwacyjnych od teoretycznych, łączonych poprzez reguły korespondencji, jest podważone z chwilą uznania, że również sens terminów obserwacyjnych jest uzależniony od terminów teoretycznych w formie tzw. dwustronnej zależności, jaka zachodzi między tymi dwoma klasami terminów. Por. Such, *O rodzajach...*, s. 112 n.; J. Kmita, *Uwagi na marginesie problemu sensu empirycznego terminów teoretycznych*, [W:] *Teoria i doświadczenie*, Warszawa 1966, s. 177—205.

⁵⁸ Bunge, *Scientific...*, t. 3/1, s. 417.

⁵⁹ Suppes, *A. Comparison...*, s. 165 n.; tenże, *Models...*, s. 252; Stoff, *Modellierung...*, s. 196. Podobne stanowisko zajmują również Braithwaite, Nagel, Brodbeck. Por. Achinstein, *Models...*, s. 328.

⁶⁰ Różnicę między interpretacją T_1 w T_2 a redukcją T_1 do T_2 omawia J. H. Woodger, *Biology and Language*, Cambridge 1952 s. 272 n.

mantyczne określonego rodzaju. Interpretacja intrasystemowa odpowiada temu, co zwykle się określać mianem definicji przez postulaty: aksjomaty konstytuują znaczenie terminów pierwotnych. Terminy specyficzne rozumie się jako nazwy o takim znaczeniu, przy którym aksjomaty teorii są zdaniami prawdziwymi. Interpretacja ta polega zatem na przyporządkowaniu terminom specyficznym jako denotacji przedmiotów spełniających układ aksjomatów. Zabieg taki sprowadza się do skonstruowania modelu danej teorii. Jeśli dana teoria ma tylko jeden model, czyli dziedzinę, w której aksjomaty są prawdziwe, to terminy posiadają określoną, a więc jednoznaczną interpretację. Problem istnienia tylko jednego modelu jest rozstrzygnięty na gruncie teorii modeli w sposób negatywny. Decydujące jest tutaj twierdzenie o izomorfizmie. Żadna teoria nie może mieć tylko jednego modelu, gdyż każda dziedzina izomorficzna z dziedziną będącą modelem teorii jest również modelem tej teorii. A zatem od teorii można co najwyżej oczekiwać, by wszystkie jej modele były izomorficzne. Teorię spełniającą ten warunek nazywa się teorią kategorię. Okazuje się również, że teorią kategorię może być jedynie teoria posiadająca wyłącznie modele skończone. Teorie empiryczne, jako z reguły uniwersalne, nie są przeto teoriami kategorię. Płyną stąd doniosłe konsekwencje dla problemu interpretacji intrasystemowej teorii empirycznej. Układ aksjomatów takiej teorii nie wyznacza jednego jej modelu, lecz całą rodzinę jej modeli, w której skład wchodzi także modele nieizomorficzne. Układ aksjomatów nie prowadzi do jednoznacznej interpretacji teorii empirycznej, nie pozwala też w sposób jednoznaczny wyznaczyć tego, o czym mowa w danej teorii. Terminy specyficzne wyposażone tylko w interpretację intrasystemową uznaje się dlatego za całkowicie nieostre, gdyż o żadnym przedmiocie nie można orzec, czy podpada pod ten termin czy nie. Interpretacja intrasystemowa nie jest więc interpretacją empiryczną, lecz semantyczną⁶¹.

Nauki niededukcyjne nie są zainteresowane dowolnymi, lecz wyróżnionymi, właściwymi modelami⁶². Chodzi o model będący empiryczną interpretacją teorii, o model empiryczny, którego uniwersum stanowią indywidua, ich własności oraz stosunki między nimi. Składają się one na świat realny lub jakiś jego fragment. Wyróżnienie spośród rodziny modeli teorii modelu właściwego dokonuje się za pomocą reguł ekstrasysemowych, czyli nie wyznaczonych postulatami teorii, a które określonym terminom specyficznym przyporządkowują odpowiednie denotacje⁶³.

⁶¹ Such, *O rodzajach...*, s. 113 n.; Przełęcki, *Interpretacja...*, s. 210 nn.; Stegmüller, *Theorie...*, s. 340.

⁶² J. G. Kemeny, *A New Approach to Semantics*, „*Jour. Symb. Log.*”, 21 (1956) 1.

⁶³ Kokoszyńska, *W sprawie...*, s. 59 n.; Przełęcki, *Interpretacja...*, s. 216; tenże, *Teorie empiryczne...*, s. 87—101; tenże, *W sprawie istnienia przed-*

Interpretacja jest empiryczna (faktualna), jeśli nie jest logiczna. Jest ona deskryptywna, jeśli przynajmniej niektóre symbole niezdefiniowane przechodzą w wyniku zastosowania takiej interpretacji w symbole deskryptywne. Te określenia są doniosłe zważywszy, że pojęcie modelu w naukach empirycznych jest traktowane jako faktualna i deskryptywna interpretacja prawdziwa. Wyróżnionymi modelami teorii empirycznych są działy danej rzeczywistości. Określa się je wtedy jako zamierzoną interpretację deskryptywną faktycznie (nie logicznie) prawdziwą. Modele wyróżnione są też nazywane modelami faktualnymi⁶⁴.

Właściwą (wyróżnioną, ścisłą) interpretację empiryczną należy odróżnić od interpretacji zastanej (intuicyjnej). Rozróżnienie to traktuje się zazwyczaj na szerszej płaszczyźnie rozważań, gdzie stawia się pytanie: dlaczego modele są w ogóle stosowane w myśleniu naukowym? Zagadnienie tak postawione cechuje poważny stopień złożoności. Zwrócimy więc uwagę na dwa reprezentatywne, dla współczesnej filozofii nauki, kierunki sprowadzające to zagadnienie do problemu rozumienia terminów teoretycznych.

Wedle ujęcia tzw. modelistów (N. R. Campbell)⁶⁵ sposób rozumienia tych terminów jest ukonstytuowany przez model reprezentujący teorię. Struktura formalna teorii jak i modelu jest taka sama. Terminy występujące w modelu są znane, co nie znaczy, że muszą być spostrzeżeniowe, i tym różni się model od teorii. Jest jednak konieczne, by odpowiedniki pojęć teoretycznych teorii stanowiły w modelu również pojęcia teoretyczne, jednak prostszej i znanej już teorii. Zachodzi więc pewien gradualizm między teoriami i ich modelami. Teoria T_1 jest zrozumiała, gdy jej model zawiera terminy spostrzeżeniowe, dla teorii T_2 konstruujemy model zawierający terminy teorii T_1 itd.

Drugi kierunek, zwany kontekstualizmem, reprezentują obok W. V. Quine'a R. Carnap, A. Einstein, C. G. Hempel, Ph. Frank, R. B. Braithwaite⁶⁶. Utrzymują oni, że funkcja terminów teoretycznych jest określona w teorii przez interpretację rachunku, którego tezy interpretujemy jako empirycznie konfirmowalne twierdzenia. Sens nadaje terminom teoretycznym kontekst, czyli miejsce w rachunku. Terminy te rozumiemy dostrzegając rolę, jaką one pełnią w systemie. Natomiast ich empiryczny charakter jest zdeterminowany empiryczną interpretacją twierdzeń teorii. Fakt posługiwania się modelami w myśleniu naukowym tłumaczy kontekstualiści odwołując się do rachunku teorii. Otóż pełne zrozumie-

miotów teoretycznych, [W:] *Teoria...*, s. 56—60; Mehlberg, *The Reach...*, s. 205; Nagel, *Struktura...*, s. 108; Apostel, *Towards...*, s. 8 n.

⁶⁴ Apostel, *Towards...*, s. 9; Bunge, *Scientific...*, t. 3/1, s. 418.

⁶⁵ Nazwa pochodzi od Braithwaite'a (*Models...*, s. 227).

⁶⁶ Tamże s. 230.

nie pojęć teoretycznych jest uwarunkowane nazwanym przez Quine'a „semantycznym przejściem”⁶⁷ od wypowiedzi o dziedzinie przedmiotów do wypowiedzi o dziedzinie symboli języka reprezentującego świat rzeczy. Tego rodzaju zabieg dokonuje się w ten sposób, że zamiast brać pod uwagę system dedukcyjny, odwołujemy się do jego modelu, którego pojęcia są nam skądinąd znane. Z kolei model taki poddaje się zabiegowi formalizacji przez podanie jego rachunku. Model ten jest więc pierwotną (intuicyjną) interpretacją tego rachunku. Stosując tzw. dezinterpretację otrzymujemy teorię, która posiada ten sam rachunek co model. Zabieg ten polega na abstrahowaniu od interpretacji terminów deskryptywnych przy nie zmienionej interpretacji stałych logicznych. W ten sposób zdeinterpretowany rachunek poddajemy zabiegowi empirycznej reinterpretacji, otrzymując w wyniku skonstruowaną teorię naukową. Zaletą stosowania stadium dezinterpretacji i x reinterpretacji jest to, że praktycznie rzecz biorąc nie ma potrzeby odwoływania się do niezinterpretowanego rachunku⁶⁸.

Interpretacja empiryczna występuje w dwu odmianach. Terminy obserwacyjne interpretuje się wprost, bezpośrednio, a terminy teoretyczne nie wprost, pośrednio⁶⁹.

Interpretacja terminów spostrzeżeniowych polega na przyporządkowaniu wyrazom przedmiotów świata rzeczy, co dokonuje się poprzez definicje ostensywne i przyporządkowujące, podawane dla terminów indywidualnych, klasowych i relacyjnych⁷⁰. Definicje takie, zakładając odnośne wyrazy jako ustalone, przyporządkowują im określone przedmioty rzeczywistości⁷¹. Powyższe związki dla odróżnienia od definicji, bę-

⁶⁷ W. V. Quine, *Word and Object*, New York 1960, s. 16 nn.

⁶⁸ Braithwaite, *Models...*, s. 231. Por. również J. W. Swanson, *On Models*, „Brit. Jour. Phi. Sci.”, 17 (1967) 272 nn. oraz uwagi krytyczne; Farre, *On Swanson's...*, s. 140 nn.; Stoff, *Modellierung...*, s. 206; Bocheński, *The Methods...*, s. 40; Wartofsky, *Conceptual...*, s. 282; Przełęcki, *Teorie empiryczne...*, s. 84.

⁶⁹ Problematyka modelu w naukach przyrodniczych, podejmowana przez autorów pozytywizujących, jest w zasadzie kontynuacją odnośnych sugestii Duhema, Macha, Pearsona i Ostwalda oraz jest spolaryzowana na zagadnieniach, w których model traktuje się jako (a) narzędzie porządkujące dane spostrzeżeniowe, (b) redukcja zdań teoretycznych do spostrzeżeniowych, (c) powiązanie systemów aksjomatycznych z danymi doświadczenia. Por. też Dąbbska, *Dwa studia...*, s. 25 n.

⁷⁰ Kokoszyńska, *W sprawie różnicy...*, s. 60 nn.; Przełęcki, *Teorie empiryczne...*, s. 87; tenże, *Interpretacja...*, s. 218; Such, *O rodzajach...*, s. 115. Wyrażenie „Zuordnungdefinitionen” zostało po raz pierwszy użyte przez H. Reichenbacha (*Philosophie der Raum-Zeit-Lehre*, Berlin 1928).

⁷¹ Z. Augustynek, *O obiektywnym charakterze definicji równoczesności*, [W:] *Światopoglądowe i metodologiczne problemy abstrakcji naukowej*, Warszawa 1957, s. 85 n.

dającej relacją między układami symboli językowych, określa się czasem mianem relacji odniesienia. Obok zabiegów ostensywnych, wiążących głównie przedmioty doświadczenia potocznego z wyrażeniami języka, wyróżnia się odniesienia koordynacyjne i operacyjne, typowe już dla języka nauki. Pierwsze przyporządkowują symbolom języka przedmioty lub własności brane jako wielkości standardowe. Fizykalne standardy, czyli materializacje wielkości jednostkowych, służą jako odpowiedniki symboli wprowadzonych przez odniesienia koordynacyjne. Odniesienia operacyjne ustalają korespondencję między symbolami języka a kontrolowanymi operacjami lub ich rezultatami ⁷².

Interpretacja pośrednia, częściowa jako przyporządkowanie języka obserwacyjnego i teoretycznego, dokonuje się w metajęzyku ⁷³. W przeciwieństwie do języka obserwacyjnego (L_B) język teoretyczny (L_T) jest wyposażony w empiryczną interpretację pośrednią, nie wprost. Jest to teza charakteryzująca stanowisko R. Carnapa, R. Braithwaite'a, C. G. Hempela, E. Nagla. Przyporządkowanie nie wprost dokonuje się poprzez reguły korespondencji albo tzw. postulaty-C ⁷⁴. Oto ich przykłady. Niech u oraz v symbolizują dostrzegalne przedmioty, zaś wyrażenie „cieplejszy niż” niech będzie predykatem spostrzeżeniowym. Termin słownika teoretycznego (V_T) „temperatura” daje się powiązać ze słownikiem obserwacyjnym (V_B) za pomocą następującego postulatu-C: „skoro u jest cieplejsze od v , to temperatura u jest wyższa od temperatury v ”. Podobnie ustala się związek między terminem „drżanie elektromagnetyczne” a terminem „barwa niebiesko-zielona”: „gdy drżanie elektromagnetyczne posiada określoną częstość, wtedy obserwujemy barwę niebiesko-zieloną”. W obu przypadkach został ustalony związek między danymi spostrzeżeniowymi a pewnym mikroprocesem ⁷⁵.

Sposób, w jaki L_T jest powiązany z L_B za pomocą postulatów-C, można przedstawić bardziej poglądowo ⁷⁶. Język teoretyczny pojmujemy na sposób trójwymiarowej siatki, której węzły symbolizują terminy teoretyczne teorii T. Terminy te są częściowo wprowadzone przez postulaty

⁷² Bunge, *Scientific...*, t. 3/1, s. 146—150.

⁷³ Svyryjev, *Einige Fragen...*, s. 96; G. Bergmann, *Philosophy of Science*, Madison 1957.

⁷⁴ W nowszej literaturze proponuje się różne nazwy na określenie powiązań między słownikami tych dwu języków. Por. Nagel, *Struktura...*, s. 91.

⁷⁵ R. Carnap, *The Methodological Character of Theoretical Concepts*, [W:] *Minnesota Studies for the Philosophy of Science*, Minneapolis 1956, t. 1 s. 48; tenże, *Philosophical Foundations of Physics*, New York 1966, s. 233.

⁷⁶ C. G. Hempel, *Fundamentals of Concept Formation in Empirical Science*, [W:] *Intern. Enc. Unif. Sci.*, Chicago 1965, t. 2, nr 7; W. Stegmüller, *Wissenschaftstheorie*, [W:] *Fischer-Lexikon*, Frankfurt 1958, t. 11, s. 341 n.; L. Krauth, *Die Philosophie Carnaps*, Wien 1970, s. 119 n.

T i są terminami pierwotnymi, częściowo zaś są zdefiniowane przy pomocy terminów pierwotnych. Pojedyncze linie tej siatki symbolizują definicje bądź teoretyczne tezy pierwotne o charakterze hipotez oraz wyprowadzone z nich twierdzenia. W podobny sposób przedstawia się siatka języka spostrzeżeniowego L_B . Węzły siatki symbolizują terminy spostrzeżeniowe B, które są bądź terminami podstawowymi, bądź zdefiniowanymi. Język L_B uważa się jako zinterpretowany (wprost lub nie wprost) w sposób zupełny. Niektóre terminy teoretyczne (pierwotne bądź zdefiniowane) są powiązane poprzez postulaty-C, symbolizowane podwójnymi liniami, z niektórymi terminami spostrzeżeniowymi (podstawowymi bądź zdefiniowanymi). W ten sposób siatka L_T jako całość jest przez te „miejsca” przyporządkowana siatce L_B . Wychodząc od danych spostrzeżeniowych, poprzez postulaty (reguły)-C, dochodzimy do węzłów siatki teoretycznej, a stąd poprzez definicje i wypowiedzi o charakterze praw (linie wiążące węzły siatki teoretycznej) do innych, „wyżej” położonych węzłów siatki teoretycznej. Tego rodzaju „droga” od węzłów jednego poziomu siatki do węzłów innego poziomu prowadzi również w kierunku przeciwnym, to znaczy „w dół” — do poziomu danych spostrzeżeniowych ⁷⁷.

Powiedziano wyżej, że poprzez reguły-C język L_T otrzymuje częściową, niepełną interpretację. To stwierdzenie daje się teraz dokładniej określić. Interpretacja języka L_T jest niepełna w dwojakim sensie. Najpierw niektóre tylko terminy V_T są wprost powiązane z terminami V_B . Pozostałe terminy słownika V_T są powiązane poprzez postulaty T oraz inne hipotetyczne wypowiedzi o charakterze praw z już zinterpretowanymi terminami teoretycznymi. Następnie terminy teoretyczne zinterpretowane wprost za pomocą reguł-C są wyposażone tylko w pewien fragment interpretacji, ponieważ reguły te nie są definicjami i dlatego pełne znaczenie terminu słownika V_T jest określone przez terminy słownika V_B tylko w przybliżeniu, a nie w sposób wyczerpujący. Carnap zaznacza, iż „rozumienie” w tym przypadku znaczy tyle, co wiedzieć, w jaki sposób terminy te praktycznie stosować. Praktyczne zastosowanie terminów i zdań języka L_T , w sposób niepełny zinterpretowanych przez reguły-C, służy celom systematyzacji, to znaczy tłumaczeniu i przewidywaniu ⁷⁸. Semiotycznie rzecz biorąc reguły-C są zdaniem mieszany-

⁷⁷ Stegmüller, *Wissenschaftstheorie*, s. 342; Mc Kinnon, *Analysis...*, s. 226; Bunge, *Physics and Reality*, s. 189.

⁷⁸ Carnap, *The Methodological...*, s. 47; tenże, *Intellectual Autobiography*, [W:] *Philosophy of R. Carnap*, s. 78; C. G. Hempel, *Implications of Carnap's Work for the Philosophy of Science*, [W:] *Philosophy...*, s. 692; tenże, *The Theoretician's Dilemma*, [W:] *Minnesota Studies for the Philosophy of Science*, H. Feigl, M. Scriven, G. Maxwell (eds.), Minneapolis 1958, t. 2, s. 83; Hochberg, *Axiomatic...*, s. 433; Brodbeck, *Models...*, s. 399 n.; Stegmüller, *Main...*, s. 347;

mi, zawierają bowiem zarówno stałe deskryptywne słownika V_B , jak i terminy słownika V_T .

Po tej ogólnej charakterystyce empirycznej interpretacji języka teoretycznego poddamy bardziej szczegółowej analizie częściową interpretację terminów teoretycznych i wskażemy różne jej formy.

Carnap nie postuluje wyraźnie, by w regułach-C występowały niezdefiniowane stałe deskryptywne. Jest więc możliwy taki przypadek, że w regułach-C nie występują terminy ani słownika V_B , ani V_T . Takie reguły można zastąpić przez inne, których terminy deskryptywne wywodzą się z sumy logicznej: $V_B \vee V_T$. W tym celu należy wszystkie terminy zdefiniowane zastępować przez ich definicje dopóty, dopóki nie dojdziemy do reguł, w których występują już tylko terminy podstawowe. Przy tego rodzaju zabiegach interpretacyjnych należy zwrócić uwagę na następujące okoliczności:

Terminy teoretyczne, które w ogóle nie występują w regułach-C, są wyposażone w interpretację pośrednią poprzez terminy teoretyczne, w nich występujące, a z którymi są powiązane poprzez aksjomaty teorii bądź poprzez łańcuchy definicyjne. W tym ostatnim przypadku nie jest konieczne, by w regułach-C występowały niezdefiniowane terminy teoretyczne. Pośrednia interpretacja empiryczna może się odnosić tylko do terminów zdefiniowanych. Rzecz ma się zazwyczaj w ten sposób, że zdefiniowane terminy języka L_T — mianowicie terminy, które występują na końcu łańcuchów definicyjnych — są powiązane poprzez reguły-C z językiem spostrzeżeniowym⁷⁹. Terminy pierwotne języka L_T we wszystkich prawie bardziej złożonych teoriach nie są przyporządkowywane przez reguły-C terminom elementarnym. Interpretacja empiryczna jest prawie zawsze przeciwstawna do porządku definiowania. Carnap wskazuje na taki graniczny przypadek, kiedy terminy słownika V_B definiuje się za pomocą terminów teoretycznych. Zazębienie obydwu części języka L_T i L_B może więc być realizowane do tego stopnia, że łańcuchy definicyjne jednej części języka (np. L_T) przechodzą do drugiej części tego języka (L_B). Definicja terminu teoretycznego przez termin obserwacyjny nie jest wykluczona, chociaż termin teoretyczny nie występuje równocześnie w regule-C. Carnap podaje w tym względzie taki przykład⁸⁰. Niech termin „żelazo” należy do słownika V_B . Definiujemy go jako substancję, której struktura atomowa posiada określone cechy, jej atomy zaś pozostają do siebie w konfiguracjach określonego typu. Gdyby napisać tę definicję w sposób wyraźny, wtedy stałe deskryptyw-

M. Jammer, *Die Entwicklung des Modellbegriffs in den physikalischen Wissenschaften*, „St. Gen.”, 18 (1965) 173.

⁷⁹ Stier, *Zur Interpretationsproblematik...*, s. 1347.

⁸⁰ *Philosophical...*, s. 234.

ne definiensa należałyby do słownika V_T , podczas gdy predykat definiowany do V_B .

Powyższe eksplikacje Carnapa wydają się sporne. Celem uniknięcia paradoksalnych konsekwencji należałoby wprowadzić bardziej złożony sposób objaśnienia. W podanym przykładzie trzeba posłużyć się terminem teoretycznym „żelazo_T” i spostrzeżeniowym terminem „żelazo_B”. Odpowiednia reguła-C przyjąłaby taką postać: $\bigwedge x(\text{żelazo}_{T}x \leftrightarrow \text{żelazo}_{B}x)$. Wskazuje to na dwie rzeczy. Związek między L_B i L_T jest tylko częściowo ustalony przez definicje lub łańcuchy definicyjne, przy czym kierunek definiowania jest odwrotny do kierunku interpretowania. Zwrot „definicje przyporządkowujące”, zaproponowany przez Reichenbacha, nie wydaje się poprawny. Autor ten opowiadał się bowiem za tezą głoszącą, iż wszystkie terminy teoretyczne systemu fizyki muszą być powiązane z terminami obserwacyjnymi oraz że to przyporządkowanie wyposaża terminy teoretyczne w treść empiryczną w sposób zupełny. Przedstawione rozważania okazują, że taka teza jest zbyt mocna, a jej akceptacja nie warunkuje systematycznych funkcji teorii⁸¹.

Dla podobnych względów trudno uznać definicje operacyjne za reguły-C. Analogicznie jest ze „słownikiem” Campbella. Zakłada się w tych przypadkach zupełną przekładalność terminów teoretycznych na spostrzeżeniowe.

Wskażemy pewne konsekwencje tego, że reguły-C stanowią pośrednią interpretację częściową terminów teoretycznych. W wyniku takiej interpretacji system teoretyczny jest otwarty, czyli klasa reguł korespondencji może być stale poszerzana. Oznaczmy teorię niezinterpretowaną przez T. Koniunkcja aksjomatów teorii łącznie z regułami-C stanowi teorię zinterpretowaną (symbolicznie $T \wedge Z$). Sukcesywne poszerzanie reguł Z daje ciąg: Z, Z', Z'', ..., gdzie każdy kolejny wyraz tego ciągu jest nowo skonstruowaną regułą przyporządkowującą. Otrzymujemy ciąg teorii zinterpretowanych: $T \wedge Z, T \wedge Z', \dots$ Z kolejnymi wyrazami tego ciągu wiąże się zmiana empirycznego znaczenia terminów teoretycznych. Determinacja empirycznego znaczenia terminów teoretycznych poprzez reguły Z dokonuje się w dwojaki sposób: 1° podanie nowych reguł dla takich terminów, 2° podanie reguł Z dla terminów, które dotychczas ich nie posiadały. W obu przypadkach nie ulega zmianie formalny trzon teorii.

Powyższe rozważania pozwalają wskazać pewne znaczenia zwrotu: „postęp naukowy”. Najpierw dotyczy on zdobycia nowych danych eksperymentalnych. Ustalono mianowicie prawdziwość zdania języka L_B . Wartość logiczna tego zdania nie była dotąd znana. Odnośnie do L_T nasz zwrot jest rozumiany trojako: 1° zbudowanie ogólniejszej teorii, której

⁸¹ Stegmüller, *Theorie...*, s. 310.

szczególnymi przypadkami są teorie dotychczas znane, 2° zastąpienie teorii T przez T' , która pozostaje w lepszej zgodności z danymi doświadczenia, 3° zbudowanie nowej niezinterpretowanej teorii. Kolejne znaczenia eksplikowanego zwrotu są określone przez dołączanie do danej teorii nowych reguł przyporządkowujących.

Dotychczas mówiono jedynie o dołączeniu nowych reguł Z . Stosowany jest również wariant zastępowania dotychczasowych przez inne reguły Z . Zmiana takich reguł jest umotywowana najpierw niekonsystentnością koniunkcji $T \wedge Z$ przy konsystentnym charakterze T . Szczególnie interesujący jest przypadek, gdy zinterpretowana teoria $T \wedge Z$ jest logicznie konsystentna; w wyniku zaś przeprowadzonych doświadczeń okazuje się z nim niezgodna. Ponieważ konfrontacji z doświadczeniem jest poddawana $T \wedge Z$, stąd negatywny wynik doświadczalny postuluje modyfikacje T bądź Z , bądź $T \wedge Z$. Dokonanie odpowiedniego wyboru jest zazwyczaj kierowane względami na dane doświadczenia, prostotę lub wprowadzenie nowych konwencji⁸².

Hempel charakteryzuje interpretację częściową za pomocą ogólnego pojęcia systemu interpretacyjnego J dla teorii T ⁸³. Przy budowaniu tego pojęcia Hempel wykorzystał trzy znane już formy częściowej interpretacji. Pierwszą stanowią zdania redukcyjne Carnapa. Drugą stanowią nazwane przez Hempla uogólnione zdania redukcyjne. Buduje się je w ten sposób, że hipotetyczny przedmiot H , np. pole elektryczne, posiada cechy spostrzeżeniowe wtedy tylko, gdy są spełnione określone warunki obserwacji. Oznaczając te warunki przez O_1 , wynik obserwacji przez O_2 , uogólnione zdania redukcyjne posiadają kształt: $O_1 \rightarrow (H \rightarrow O_2)$. W porównaniu ze zdaniami redukcyjnymi Carnapa Hempel zamienił w wyrażeniu ujętym w nawias kolejność symboli oznaczających odpowiednio: nowo wprowadzony termin oraz termin spostrzeżeniowy. Trzecią wykorzystaną przez Hempla formą interpretacji jest słownik Campbella. W skończonej klasie zdań warunkowych tego słownika występują terminy spostrzeżeniowe i teoretyczne. Każde z nich orzeka prawdziwość zdania teoretycznego, o ile prawdziwe jest zdanie obserwacyjne. Zdania te nie stanowią definicji wyraźnej terminu teoretycznego, ponieważ w zdaniach teoretycznych występuje zazwyczaj więcej terminów teoretycznych. Nie są to więc reguły definicyjne, ile raczej reguły określające sposób przekładu zdań języka L_T na zdania języka L_B . Słownik Campbella jest uważany za pewną formę interpretacji niepełnej, ponieważ reguły przekładu są podane dla niektórych jedynie zdań języka L_T .

⁸² Carnap, *Philosophical...*, s. 238.

⁸³ *The Theoretician's...*, [W:] *Aspects...*, s. 206 nn.

Uogólnienie dokonane przez Hempła polega na tym, że dla zdań interpretujących system T dopuszcza się dowolną formę logiczną, postulując jedynie, by zawierały terminy teoretyczne i obserwacyjne. Zakłada się również, że wszystkie deskryptywne terminy systemu T wywodzą się ze skończonego słownika V_T , zaś V_T i V_B nie posiadają elementów wspólnych. Przez system interpretacyjny J dla systemu T rozumie się klasę zdań spełniających warunki: $1^\circ J$ jest skończony, $2^\circ J$ jest logicznie niesprzeczny z T , 3° wszystkie terminy deskryptywne pochodzą z V_T lub V_B , 4° każdy element słownika V_T lub V_B występuje w J w sposób istotny, to znaczy J nie jest logicznie równoważny ze zbiorem zdań, w którym w ogóle nie występują jakieś terminy słownika V_T lub V_B .

Powyższa eksplikacja systemu interpretacyjnego budzi pewne zastrzeżenia. Gdy stwierdza, iż zdania z systemu J mogą przybierać dowolną formę logiczną, to jest za szeroka. Warunek (4) postulujący, by każdy termin teoretyczny występował w J , jest z kolei za wąski⁸⁴.

Carnap nie akceptuje warunku (4). Wyróżnia on dwa rodzaje reguł-C. Pierwszy stanowią tzw. reguły bazowe. Odnoszą się wyłącznie do determinacji czasoprzestrzennych. Wprowadzenie współrzędnych przestrzenno-czasowych jako uporządkowanego zbioru x, y, z, t o współrzędnych przestrzennych x, y, z oraz współrzędnej czasowej t stanowi zagadnienie z zakresu matematyki. Układ taki należy przyporządkować danym doświadczenia. Funkcja f przyporządkowuje przedmiotom lub zdarzeniom czasoprzestrzennym — opisanym w języku L_B — klasę wartości uporządkowanego zbioru x, y, z, t w sposób jednoznaczny. Argumentami funkcji f są obszary przestrzennoczasowe, jej wartościami są odpowiednie klasy liczb. Jeśli stwierdzimy obserwacyjnie, że dwa obszary rzeczywistości przecinają się przestrzennie lub czasowo, wtedy wartościami funkcji f są czteroelementowe klasy liczb, które są jednakowe bądź co do pierwszych trzech elementów, bądź co do czwartego elementu.

Drugim rodzajem reguł korespondencji są reguły-C dla terminów słownika V_T . Jak to już zaznaczono wyżej, nie postuluje się, by każdy termin takiego słownika posiadał regułę-C. W przeciwieństwie do reguł bazowych są to zdania ogólne. Niektóre z nich faktycznie posiadają formę opisaną przez Campbella. Interpretując pojęcie temperatury za pomocą występującego w słowniku V_B pojęcia temperatury zmierzonej termometrem, otrzymujemy taką formułę: „średnia energia kinetyczna molekuł gazu jest proporcjonalna do jego temperatury”. W ten sposób energia kinetyczna jako termin kinetycznej teorii materii jest powiązana

⁸⁴ Hempel raz stwierdza, że tylko niektóre terminy teoretyczne winny być powiązane z terminami obserwacyjnymi (*Aspects...*, s. 184), na innym miejscu (tamże s. 208), że każdy termin teoretyczny musi występować w regule interpretacyjnej.

z pojęciem uważanym za obserwacyjne. Skoro zaś pojęcie temperatury jest skonstruowane jako termin teoretyczny, wtedy związek kinetycznej energii molekuł z terminami obserwacyjnymi jest ustalony dwustopniowo za pomocą dwuczłonowego predykatu relacyjnego: „cieplejszy niż”, odnoszącego się do niezbyt niskich i wysokich temperatur. Odnośna reguła-C została przytoczona już wyżej. Częściowa interpretacja empiryczna tego terminu bierze się najpierw stąd, że reguła-C jest zdaniem warunkowym, a nie dwustronnie warunkowym, jak również z góry jest ograniczona do małej liczby wartości temperatury.

Podane przykłady reguł-C ilustrują twierdzenie, że te reguły są zdaniami warunkowymi, których poprzednik jest zdaniem języka L_B , a następnik należy do zdań języka L_T . Taka kolejność członów zdania warunkowego nie jest dla tych reguł istotna i może być odwrócona. W regułach-C mogą występować zdania nie tylko ściśle ogólne, ale i statystyczne zdania ogólne, które określają prawdopodobieństwo wielkości teoretycznej ze względu na odnośne zdarzenia spostrzeżeniowe bądź prawdopodobieństwo takich zdarzeń spostrzeżeniowych ze względu na określony stan teoretyczny⁸⁵.

Dotychczasowe rozważania na temat teorii, interpretacji oraz modelu streścimy w kilku punktach.

(a) Tak dla języka L_B , jak i L_T nie wystarczy charakterystyka czysto syntaktyczna. Teoria T zbudowana w języku L_T posiada strukturę aksjomatyczną, a więc jest rachunkiem. Logika języka L_T musi również spełnić określone warunki semantyczne. I kiedy Carnap utrzymuje, że teoria T bez reguł-C jest czystym niezinterpretowanym rachunkiem, to wyrażenie rachunek nie jest użyte w sposób zwyczajny. Zwrot „niezinterpretowany” dotyczy tylko brakujących reguł-C, które nadają teorii treść empiryczną, co nie znaczy, że nie zostały zastosowane żadne reguły semantyczne.

(b) Wszystkie terminy słownika V_T otrzymują formalne znaczenie, skoro spełniają warunki sformułowane w aksjomatach teorii. Jest to ten rodzaj znaczenia, który D. Hilbert scharakteryzował za pomocą definicji implicite. Mówiąc językiem teorii modeli, chodzi o to, że klasa możliwych modeli teorii T jest ograniczona. Znaczy to, że terminy teoretyczne pozostają do siebie w określonych relacjach występując w postulatach i definicjach teorii. Dookreślenie takiego znaczenia formalnego polega na zacieśnieniu klasy możliwych modeli przez dołączenie do teorii nowego postulatu⁸⁶.

(c) Niech t będzie funktorem teorii T , który występuje w regule-C. Otrzymujemy wtedy empiryczne znaczenie niezupełne, ponieważ wiel-

⁸⁵ Stegmüller, *Theorie...*, s. 308—319.

⁸⁶ Nagel, *Struktura...*, s. 86; Pap, *An Introduction...*, s. 51 n.

kość ta jest określona dla pewnego obszaru i dla pewnych wartości (np. „temperatura”, „masa”, „drgania elektromagnetyczne” itd.). Można więc mówić o bezpośrednio, ale niezupełnie, zinterpretowanych terminach, ich klasę zaś oznaczyć przez V_T^z .

(d) Pozostałe terminy teoretyczne w ogóle nie występują w regułach-C i otrzymują pośrednią interpretację empiryczną, kiedy z terminami słownika V_T^z są powiązane poprzez postulaty lub definicje. Są to terminy zinterpretowane pośrednio i niezupełnie. Ich klasa obejmuje te elementy słownika V_T , które nie należą do V_T^z ⁸⁷.

Dodajmy w końcu, iż odróżnia się metodologiczne od treściowych reguł-C⁸⁸. Te ostatnie przyporządkowują predykatom teoretycznym predykaty obserwacyjne i są nazywane zasadami łączącymi⁸⁹. Skoro zaś łączą predykaty jednej teorii z predykatami innej, wtedy stanowią reguły interteoretyczne o charakterze definicji i są stosowane przy redukcji jednej teorii do drugiej⁹⁰. Inną formą reguł korespondencji stosowanych przy redukcji są prawa empiryczne, nazywane wtedy prawami przekrojowymi. Jeśli np. M jest teorią fizjologiczną, zaś N psychologiczną, wtedy reguły korespondencji są prawami stwierdzającymi, że pewnym stanom fizjologicznym towarzyszą określone stany behawioralne⁹¹.

Przedstawione ujęcie interpretacji empirycznej — reprezentowane przez empiryzm logiczny i autorów z nim spokrewnionych — jest na różne sposoby kwestionowane. Zwrócimy pokrótce uwagę na niektóre punkty sporne⁹².

(1) Interpretacja systemu naukowego, ujmowana jako przekład zdań L_T na zdania L_B ⁹³, bazuje w zasadzie na dychotomii wszystkich zdań sensownych, będących analitycznymi i syntetycznymi. Taka teza została poddana generalnej krytyce przez W. V. Quine'a⁹⁴.

⁸⁷ Stegmüller, *Theorie...*, s. 340. Częściowo zinterpretowane teorie nauk empirycznych są nazywane modelami mieszanymi. Por. Bunge, *Scientific...*, t. 3/1, s. 419. Modelami mieszanymi nazywa się również tzw. „hybrydy” powstałe stąd, że w naukach przyrodniczych trudno jest przeprowadzić wyraźną linię demarkacyjną między modelami symbolicznymi a ikonicznymi (np. mechaniczne, elektryczne, hydrodynamiczne). Por. Hesse, *Models...*, s. 200; Frey, *Symbolische...*, s. 95 n.

⁸⁸ Sellars, *Theoretical...*, s. 300.

⁸⁹ C. G. Hempel, *Podstawy nauk przyrodniczych*, Warszawa 1966, s. 108—111, z jęz. ang. tłum. B. Stanosz.

⁹⁰ Sellars, *Theoretical...*, s. 330 nn.

⁹¹ Hochberg, *Axiomatic...*, s. 332.

⁹² F. Suppe, *On Partial Interpretation*, „*Jour. Phi.*”, 68 (1971) 57—76.

⁹³ Zagadnienie relacji między interpretacją a przekładem por. Brodbeck, *Models...*, s. 401; Hesse, *Forces...*, 19—21.

⁹⁴ *Dwa dogmaty empiryzmu*, [W:] *Z punktu widzenia logiki*, Warszawa 1969, s. 35—70, z jęz. ang. tłum. B. Stanosz. Problem tych zdań analizowany głównie na terenie teorii fizycznej rozważa H. Putnam, *The Analytic and the Synthetic*, [W:] *Minnesota...*, t. 3, s. 358—397.

(2) Stosowanie się do wymogów tego typu interpretacji neguje wyjaśniającą funkcję teorii⁹⁵. Abstrakcyjna teoria nie posiada empirycznej treści, chyba że jest przełożona na język L_B , który zawiera pełną informację empiryczną. Teoria faktycznie nie wyjaśnia, stanowiąc jedynie narzędzie umożliwiające przejście od jednych zdań obserwacyjnych do innych⁹⁶. Trudność ta jest widoczna szczególnie w teoriach mikroświata. Idea, jakoby teoria była interpretowana za pomocą reguł korespondencji, pociąga twierdzenie, że jedynymi przedmiotami fizycznymi, o których możemy dorzecznie mówić, są makroskopowe przedmioty faktycznie postrzegane. Mikroobiekty traktuje się jedynie jako płodne konstrukty teoretyczne⁹⁷.

(3) Przy uznaniu reguł korespondencji, zwłaszcza najniższego poziomu, trudno odróżnić różne typy praw ogólnych zrelatywizowanych do teorii. Tymczasem obok praw istotnie zależnych od teorii odróżnia się w fizyce prawa od określonej teorii niezależne⁹⁸.

(4) Przedstawione przez reprezentantów interpretacji częściowej ujęcie reguł korespondencji jest za szerokie. Odnośnie bowiem do problemu demarkacji twierdzeń empirycznych od zdań spekulatywnej metafizyki prowadzi do niepożądanych konsekwencji w formie zniwelowania różnicy między tymi zdaniami⁹⁹.

(5) Alternatywne ujęcie reguł korespondencji sugeruje, że teoria naukowa jest sensowna¹⁰⁰ już przed ustaleniem takich reguł. Są one wprowadzane ze względu na jej funkcję wyjaśniającą oraz dla jej doświadczalnego potwierdzenia. Wprowadzenie uprzedniego znaczenia teoretycznego oraz analiza reguł korespondencji jako łańcuchów przyczynowych przedstawiają w odmiennym świetle związku między teoriami. Podany przez Nagła przykład reguły korespondencji dla „przeskoku elektronu” wskazuje, że posiada ona formę zdania dwustronnie warunkowego, które wyraża wystarczający i konieczny warunek zastosowania terminu teore-

⁹⁵ Hempel, *The Theoretician's...*; W. Sellars, *The Language of Theories*, [W:] *Current Issues in the Philosophy of Science*, H. Feigl, G. Maxwell (eds.), New York 1961, s. 57—76.

⁹⁶ Pap, *An Introduction...*, s. 354 nn.

⁹⁷ G. Maxwell, *The Ontological Status of Theoretical Entities*, [W:] *Minnesota...*, t. 3, s. 3—27.

⁹⁸ Mc Kinnon, *Analysis...*, s. 228.

⁹⁹ P. Achinstein, *Theoretical Terms and Partial Interpretation*, „Brit. Jour. Phi. Sci.”, 14 (1963) 89—105; tenże, *Rudolf Carnap*, „Rev. Metaph.”, 19 (1966) 758—769.

¹⁰⁰ Sensowność terminu w tym kontekście określimy w sposób negatywny. Termin nie jest sensowny, gdy 1° wprowadzony do języka, nie daje się zdefiniować przez inne terminy uznane za sensowne, 2° nie jest płodny ani ze względu na konsekwencje eksperymentalne, ani odnośnie do ekonomii wyjaśniania.

tycznego¹⁰¹. Reguły-C w ujęciu alternatywnym rozumie się jako łańcuchy przyczynowe. To, co usprawiedliwia takie ujęcie reguł, to założone lub zapożyczone teorie naukowe. Na przykład w Bohra teorii emisji linii widmowych atomu wodoru zakłada się hipotezy kwantowe Plancka i Einsteina oraz model atomu Rutheforda, które łącznie składają się na uprzednie znaczenie tej teorii. Zapożyczone elementy teorii wcześniejszych nie są włączane do postulatów danej teorii, ale znajdują zastosowanie dla ustalenia łańcuchów przyczynowych pomiędzy np. przeskokiem elektronu z jednej na inną orbitę a linią spektralną. Pod adresem tradycyjnej charakterystyki reguł-C wysuwa się kilka zastrzeżeń: (a) nie uwzględniono uprzedniego znaczenia teoretycznego, jak również zapożyczonych z innych teorii twierdzeń stosowanych do ustalenia związków między teorią a doświadczeniem; (b) reguły-C tradycyjnie przedstawiane w postaci schematycznej jako $T \equiv O$ daje się scharakteryzować w formie łańcuchów przyczynowych: $T_{x_0} \rightarrow C_{x_1}^1 \rightarrow C_{x_1}^i \rightarrow C_{x_n}^n \rightarrow O_{x_{n+1}}$ gdzie T, C, \dots, O reprezentują stany rzeczy, a strzałka symbolizuje przyczynową lub nologiczną implikację¹⁰². Łańcuch przyczynowy zastosowany do przykładu Nagla przedstawiałby się następująco: przeskok elektronu między poziomami energii $E_2 - E_1 \rightarrow$ foton o energii $E_2 - E_1 = hv$ jest emitowany przez elektron \rightarrow foton z prędkością $\approx c$ porusza się po linii prostej w kierunku pryzmatu szklanego \rightarrow refrakcja fotonu w pryzmacie \rightarrow dojście fotonu do krzyża nitkowego, a poprzez soczewkę oka oddziałuje na siatkówkę \rightarrow pewna liczba fotonów powoduje pobudzenie neuronów \rightarrow sygnał nerwowy powoduje pobudzenie mózgowia \rightarrow obserwator postrzega określoną barwę i kształt. W podobny sposób daje się skonstruować reguły-C dla innych terminów teoretycznych¹⁰³.

(6) Kolejne uwagi krytyczne są czynione pod adresem Carnapa częściowej interpretacji terminów, teorii, języka przy następującym rozumieniu tych zwrotów. (a) Częściowo zinterpretować teorię, znaczy określić niepustą klasę modeli zamierzonych. Jeśli ta klasa zawiera jeden element, interpretacja jest zupełna, jeśli więcej elementów, interpretacja jest częściowa. (b) Częściowa interpretacja terminu P może stanowić wyznaczenie procedury weryfikacyjno-falsyfikacyjnej i stosuje się do terminów wprowadzonych przez zdania redukcyjne. (c) Częściowa interpretacja języka formalnego polega na interpretacji pewnego fragmentu

¹⁰¹ *Struktura...*, s. 97.

¹⁰² Logiczną charakterystykę strzałki por. A. Burks, *The Logic of Causal Propositions*, „Mind”, 60 (1951) 363—382. C... reprezentuje stany rzeczy niekoniecznie bezpośrednio obserwowalne. O_{n+1} może również zawierać pewne elementy teoretyczne, podobnie jak zdania bazowe w rozumieniu Poppera.

¹⁰³ K. F. Schaffner, *Correspondence Rules*, „Phi. Sci.”, 36 (1969) 280—290; Winnie, *The Implicit...*, 223—229.

języka, czyli niektóre terminy przekłada się na język np. potoczny, inne zostają symbolami. Ad a) Taka eksplikacja nie zadowala, ponieważ dla określenia klasy modeli zamierzonych dla teorii naukowych musimy się posługiwać terminami teoretycznymi. Zwróćmy np. uwagę na problem specyfikacji wyróżnionej interpretacji dla zmiennych indywidualnych, predykatów i symboli funkcyjnych. Jeśli w języku terminem podstawowym jest cząstka, wtedy zmienne indywidualne dotyczą rzeczy, ale w sensie teoretycznym, jak np. punkt masowy lub ich układy (elektron z jednej strony, galaktyka z drugiej). Tego rodzaju trudności występują również wtedy, gdy „pole” będzie podstawowym terminem języka. Zmienne indywidualne reprezentują wtedy punkty czasoprzestrzenne. Nie inaczej będzie w przypadku podania wyróżnionej interpretacji lub klasy właściwych modeli dla równań Maxwella, gdy w słowniku występują predykaty i terminy funkcyjne. Jeśli zaś teoria posiada fałszywe konsekwencje spostrzeżeniowe, wtedy nie posiada żadnej interpretacji, nie posiada bowiem żadnego modelu w dziedzinie przedmiotów spostrzeżeniowych. Ad b) To pojęcie interpretacji częściowej jest całkowicie nieadekwatne, nawet w stosunku do pojęć czysto dyspozycyjnych. Ad c) Interpretacja częściowa w tym rozumieniu prowadzi do twierdzenia, że terminy teoretyczne w ogóle nie posiadają jakiegokolwiek znaczenia i stanowią jedynie instrument rachunkowy¹⁰⁴.

Obok przedstawionych trudności związanych z empiryczną interpretacją wysuwa się również zastrzeżenia powstające przy zestawieniu matematycznego pojęcia modelu z jego odpowiednikiem stosowanym w naukach przyrodniczych. Pojęcie to jest np. odnoszone do równań Maxwella, Schrödingera, mówi się o modelach kosmologicznych, a strukturalne wzory chemii organicznej też określa się tą nazwą. Owszem, były czynione próby wyeksponowania tych elementów znaczeniowych tego pojęcia, które byłyby wspólne z pojęciem modelu określonym w teorii modeli. Jeśli nawet odnośne teorie nauk przyrodniczych zostaną zaksjomatyzowane — co jest postulowane przez teorię modeli — to zabiegowi takiemu są poddane jedynie zmatematyzowane, a nie specyficzne dla teorii fragmenty¹⁰⁵. Stąd też pojęcie modelu teoretycznego na gruncie fizyki, obok wyluszczonej wyżej elementów strukturalnych, charakteryzuje się również następującymi cechami.

1° Fizycy posługują się zazwyczaj terminem model w zwrocie „model x-a”. Mają wtedy na myśli układ założeń lub postulatów, opisujących pewne fizyczne obiekty lub zjawiska typu x. Gdy fizyk mówi np.

¹⁰⁴ H. Putnam, *What Theories are Not*, [W:] *Logic, Methodology...*, s. 244—248.

¹⁰⁵ Dane bibliograficzne na temat zaksjomatyzowanych teorii naukowych podaje Suppes, *A Comparison...*, s. 170.

o modelu atomu Bohra, wtedy chodzi zazwyczaj o układ założeń, jakie charakteryzują własności atomu wodoru¹⁰⁶. Podobnie ma się rzecz w przypadku powłokowego modelu jądra atomowego¹⁰⁷ czy też modelu wolnych elektronów metali¹⁰⁸. Należy tu zwrócić uwagę na kilka rzeczy. (a) Modele teoretyczne należy odróżnić od diagramów i obrazów, które czasem są użyteczne w prezentowaniu takich modeli, ale nie są z nimi identyczne. (b) Nie każdy układ założeń, będący modelem x-a stanowi jego teorię. Tego rodzaju zamienność jest możliwa, ponieważ obydwa terminy odnoszą się do tego samego układu założeń. Nie znaczy to jednak, że ta sama rzecz jest nazywana dwoma różnymi terminami. (Pewne różnice jak i powody, dla których nie wszystkie modele są nazywane teoriami i odwrotnie, zostaną podane niżej). (c) Założenia będące modelem są często formułowane jako równania matematyczne. Stąd bierze się używanie zwrotu „model matematyczny” w naukach np. społecznych, gdzie bardziej wyraźnie niż w naukach fizykalnych zaznacza się różnica między częściami zmatematyzowanymi i niezmatematyzowanymi¹⁰⁹.

2° Model teoretyczny opisuje układ lub typ przedmiotów wskazując na ich wewnętrzne elementy, strukturę, mechanizm. Odwołując się do tych momentów, wyjaśniamy różne własności charakterystyczne dla tych przedmiotów. Na przykład korpuskularny model światła tłumaczy takie jego własności, jak odbicie. Model Bohra opisuje mechanizm atomu wodoru w taki sposób, że daje się wyjaśnić radiację nieciągłego promieniowania atomu wodoru.

Idea zawarta w punkcie 2° domaga się kilku objaśnień. Rozróżnienie między klasą własności przedmiotu a jego wewnętrzną strukturą nie jest identyczne z rozróżnieniem pomiędzy makro- i mikropoziomem zjawisk. Wiele cech wyjaśnianych przez modele teoretyczne to cechy mikrozwask. Z drugiej strony cechy strukturalne o walorze wyjaśniającym są makroelementami, jak w przypadku modeli wszechświata, o jakich mówi kosmologia przyrodnicza. Co więcej, elementy — poprzez które wyjaśniamy — nie mogą być tak rozumiane, jakoby nie podlegały już dalszemu tłumaczeniu. Wreszcie, podanego rozróżnienia nie pojmuje się jako różnicy między cechami a ich wyjaśnianiem. Nie każdy bowiem układ wyjaśniających zasad z konieczności odwołuje się do wewnętrznej struktury wyjaśnianych obiektów.

¹⁰⁶ H. Semat, *Introduction to Atomic and Nuclear Physics*, New York 1962, s. 232 nn.

¹⁰⁷ R. D. Evans, *The Atomic Nucleus*, New York 1955, s. 361.

¹⁰⁸ Ch. Kittel, *Elementary Solid State Physics*, New York 1962, s. 106.

¹⁰⁹ Achinstein, *Models...*, s. 331; Lowentin, *Models...*, s. 276; M. Spectator, *Models and Theories*, „Brit. Jour. Phi. Sci.”, 16 (1965) 125, 131; Bunge, *Analogy...*, s. 283.

3° Modele teoretyczne traktuje się jako uproszczone przybliżenie, wygodne dla określonych celów poznawczych. Wygodnie jest np. przedstawić gazy jako złożone z małych kul sprężystych, dla których obowiązują prawa Newtona, wtedy bowiem można wyprowadzić prawa gazów idealnych, jak również równania dyfuzji i Boltzmann'a. Co więcej, struktura gazu jest w jakimś stopniu do tego układu podobna, choć bardziej skomplikowana, ponieważ w tym modelu nie są uwzględnione intermolekularne siły przyciągania i odpychania. Wartość takiego modelu jest więc oceniana z dwu różnych punktów widzenia, mianowicie w aspekcie przydatności oraz w aspekcie dokładności i zupełności reprezentowania prototypu. To, że modele teoretyczne traktuje się z pewnych względów jako reprezentacje struktury obiektu, tłumaczy posługiwanie się alternatywnymi modelami. Na przykład model kul sprężystych pozwala wyprowadzić prawa gazów idealnych, zaś model uwzględniający siły przyciągania międzycząsteczkowego pozwala otrzymać równanie Van der Waals'a¹¹⁰. Ujawnia się tu również różnica między teorią a modelem teoretycznym. Podać model x-a znaczy podać sposób jego reprezentowania. Ze względu na przybliżony charakter takiej reprezentacji dopuszczalne są modele alternatywne. Podać teorię x-a, znaczy stwierdzić, że między jego elementami zachodzą związki w formie określonych zasad, których nie da się już w sposób dowolny upraszczać. Proponując zatem teorię x-a, należy teorię alternatywną albo odrzucić, albo zmodyfikować lub rozumieć je w ten sposób, że obowiązują tylko w takich, a nie innych przypadkach.

Powyższy kontekst pozwala również wytłumaczyć, dlaczego pewne układy zasad w pierw nazywane teorią (np. teoria Bohra, teoria wolnych elektronów) mogą być później nazwane modelami. Otóż pierwotnie zaproponowane układy jako reprezentujące odnośne obiekty (atomy, metale) zostały później uznane jako uproszczone przybliżenia, w dalszym ciągu jednak użyteczne z pewnych względów. Tego rodzaju koncepcje można dalej traktować jako teorie uwzględniając historyczny fakt, że kiedyś zostały zaproponowane jako teorie, a nie po prostu jako modele.

4° Model teoretyczny proponuje się na gruncie bogatszego języka ogólniejszej teorii. Znaczący to, że proponując model teoretyczny x-a przyjmuje się pewne zasady bardziej ogólnej teorii, które łącznie z nowymi założeniami aplikuje się do x-a rozumianego jako względnie zacieśniona klasa obiektów. I tak, model kul sprężystych był zaproponowany na gruncie języka teorii Newtona. W tym modelu stosuje się prawa ruchu Newtona łącznie z nowymi założeniami do molekuł gazu. Podobnie model Bohra był zaproponowany w języku klasycznej mechaniki i elektrodynamiki łącznie z dwoma nowymi założeniami o skwantowanej energii i momencie pędu, które były niezgodne z teoriami klasycznymi.

¹¹⁰ R. D. Present, *Kinetic Theory of Gases*, New York 1958, s. 108 nn.

5° Model teoretyczny jest często formułowany w oparciu o analogię między układem opisanym przez model a pewnym innym różnym od niego układem. Taka sugestia idzie po linii twierdzenia, że model teoretyczny stanowi użyteczną poznawczo reprezentację układu. Przy takiej reprezentacji dobrze jest wskazać analogię między interesującym nas układem a innym, do którego stosują się zrozumiałe już prawa. Ustalenie tego rodzaju analogii nie jest jednak racją wystarczającą do akceptacji praw nowego układu. Jako aproksymacje mają być poddane testowaniu i modyfikacjom ¹¹¹.

Przy powyższej charakterystyce modeli teoretycznych zarysowała się również problematyka relacji między modelem a teorią przyrodniczą. Niejednokrotnie czyni się w tym względzie założenie, że modele teoretyczne posiadają charakter teorii z mniej lub bardziej ograniczonym zakresem aplikacji. Charakter ten wyraża się między innymi w tym, że założenia modelu dotyczą związków pomiędzy cechami przedmiotów. Cechy reprezentują w niektórych przypadkach bądź parametry liczbowe, które są mniej lub bardziej dostępne pomiarom, bądź też posiadają status terminów teoretycznych o pośredniej interpretacji empirycznej. Zasady modelu konstruuje się jako matematyczne funkcje odpowiednich parametrów. Z tych zinterpretowanych zasad wyprowadza się konsekwencje dotyczące zjawisk, dla których model został skonstruowany. W ten sposób model jest poddawany zabiegowi potwierdzenia ¹¹².

Inne cechy wspólne dla teorii i modelu to charakter abstrakcyjny, odwoływanie się do przedmiotów wyidealizowanych, kwantytatywny sposób opisu danych doświadczenia ¹¹³. Dla niektórych fizyków (A. Einsteina, W. Heisenberga) model teoretyczny jest teorią w stadium heurezy, w którym wprowadza się cały szereg założeń upraszczających koniecznych dla definitywnego ukonstytuowania teorii ¹¹⁴. Mając na uwadze cechy wspólne modelu i teorii stwierdza się najpierw, że każda teoria fizyczna jest modelem odnośnego formalizmu matematycznego, a następnie, że każda określona teoria fizyczna zawiera model w sensie wyidealizowanej reprezentacji układu fizycznego. Pierwsze stwierdzenie jest jasne, biorąc pod uwagę podaną charakterystykę interpretacji empirycznej. W takim kontekście teoria fizyczna jest modelem na dwa różne sposoby: najpierw każdy symbol podstawowy interpretuje się w dziedzinie, jaką jest matematyka, a następnie ten sam symbol interpretuje

¹¹¹ P. Achinstein, *Theoretical Models*, „Brit. Jour. Phi. Sci.”, 16 (1965) 105 n.; tenże, *Models...*, s. 330; tenże, *Concepts of Science*, Baltimore 1968, s. 212 nn.

¹¹² Hempel, *Aspects...*, s. 446.

¹¹³ Brodbeck, *Models...*, s. 281 nn.;-Stoff, *Modellierung...*, s. 23 n.

¹¹⁴ A. Einstein, *Mein Weltbild*, Berlin 1956, s. 118; Hutten, *Scientific...*, s. 121.

się fizycznie. W mechanice np. symbol 'm' jest najpierw interpretowany jako liczba, a następnie jako bezwładność danego ciała. Mówimy więc, że symbol ten odczytujemy jako liczbę określającą wielkość bezwładności ciała. Przykład ten daje się przetransponować na cały symbolizm teorii aksjomatyzowanej.

Kolejne stwierdzenie sprowadza się do tego, że model wyznacza wyidealizowaną reprezentację układu fizycznego. Ogólne formuły teorii są niespecyficzne, tak że nie wystarczają do rozwiązania konkretnego problemu, jakim jest np. wyznaczenie trajektorii pocisku czy wyznaczenie poziomów energetycznych atomu. Dla rozwiązania takiego zadania trzeba wprowadzić dodatkowe założenia oraz dane określające konkretny system fizyczny, jak liczba i związki, jakie zachodzą między elementami układu, równania określające te związki oraz warunki początkowe i graniczne. Takie hipotezy pomocnicze, łącznie z ogólnymi aksjomatami teorii, stanowią dopiero teoretyczny model konkretnego układu fizycznego. Tak pojęty model jest układem zdań specyfikujących naturę odpowiednika teorii w sposób bardziej określony, aniżeli czynią to ogólne założenia ¹¹⁵.

Wypuklając różnice między teorią a modelem podkreśla się kilka momentów. 1° Założenia modelu teoretycznego x-a mogą być niedokładne, a nawet fałszywe, bądź stosują się do bardzo zawężonego zakresu. Posługując się założeniami upraszczającymi pomijamy czynniki komplikujące dane zagadnienie. Czynimy to bądź ze względów eksplanacyjnych, bądź też rachunkowych. 2° Teoria, w przeciwieństwie do modelu teoretycznego, nie przypisuje badanemu obiektowi wewnętrznej struktury, mechanizmu. Wskazuje na związki między cechami elementów układu. 3° Elementy modelu teoretycznego są zazwyczaj wyprowadzane z bardziej podstawowej teorii. W przypadku teorii założenia specyficzne nie są zapożyczone lub wyprowadzone z innych teorii ¹¹⁶.

Inne momenty różnicujące teorię i model to stopień abstrakcji, akceptacji, a następnie pogładowość, odwzorowanie oraz sposób interpretowania teoretycznych terminów podstawowych ¹¹⁷.

Podobieństwa i różnice między teorią a modelem zachodzą nie tylko w aspekcie znaczenia, czyli formalnej struktury tych pojęć, ale również w aspekcie ich funkcji. Zróznicowanie funkcyjne między modelem a teorią leży nie tyle po stronie typu, ile sposobu, w jaki te funkcje są realizowane. Wyjaśnianie, a ogólniej rzecz biorąc systematyzację, jakiej do-

¹¹⁵ Bunge, *Analogy...*, s. 283.; Stachowiak, *Gedanken...*, s. 251 nn.

¹¹⁶ Achinstein, *Concepts...*, s. 217.

¹¹⁷ Stoff, *Modellierung...*, s. 28 n.; Ruben, Wolter, *Model...*, s. 1229; *The Encyclopedia...*, s. 355; Braithwaite, *Scientific...*, s. 90; tenże, *Models...*, s. 225.

konuje się w oparciu o teorię, uważa się za głębszą i bardziej wszechstronną. Zasady teorii są bowiem bardziej dokładne w porównaniu do założeń modeli teoretycznych, są ogólniejsze oraz uwzględniają większą liczbę znanych wielkości¹¹⁸. Mimo wszystko posługujemy się modelami teoretycznymi dlatego, że albo nie jest jeszcze dostępna odnośna teoria, albo ze względów rachunkowych, albo też ze względów dydaktycznych¹¹⁹.

Na koniec rozważań o modelach teoretycznych zwrócimy uwagę na dalsze stanowiska alternatywne w stosunku do przedstawionych już ujęć relacji między modelami matematycznymi a modelami stosowanymi w fizyce.

Teoria przyrodnicza jako układ hipotez o określonym stopniu ogólności opisuje i wyjaśnia zdania spostrzeżeniowe za pomocą postulowanych struktur, zwanych modelami. Struktury fizyczne nie są identyczne z analogią, choć może ona je sugerować. Nie postuluje się też struktur zasadniczo nieobserwowalnych. Mogą to być zarówno mikro-, jak i makrostruktury. Teoria w przeciwieństwie do modelu jest układem zdań opisujących tę strukturę, jest więc tworem językowym, matematycznym. Sam model nie jest interpretacją teorii przy matematycznym rozumieniu tego terminu. Podobnie ma się rzecz z twierdzeniem, że teoria jest niezinterpretowanym rachunkiem, który jest interpretowany bądź w dziedzinie, jaką należy wyjaśnić poprzez postulowaną strukturę, bądź poprzez analogię, która wskazuje, w jaki sposób rachunek ma być aplikowany. Tak np. teoria Bohra była pomyślana jako matematyczny rachunek, który może być interpretowany bądź w dziedzinie atomów wodoru, bądź jako system planetarny. Teoria ta stosująca się do atomów wodoru nie jest abstrakcyjnym rachunkiem, który zawiera jedynie pewną liczbę równań. Taki rachunek nie jest teorią w ujęciu fizyków. Interpretacja rachunku natomiast nie polega jedynie na określeniu dziedziny przedmiotów, w której zdania teorii byłyby prawdziwe. Zabieg interpretacji należy poprzedzić przetransformowaniem rachunku abstrakcyjnego w teorię poprzez wyszczególnienie nieformalnych pojęć takich, jak np. pojęcie masy czy energii.

Nieporozumienia w tym względzie powstają zazwyczaj stąd, że w naukach formalnych nie odróżnia się w zasadzie rachunku od teorii. Interpretacja w tych dyscyplinach jest sprawą zastosowania rachunku do określonej dziedziny matematycznej opisanej w języku teoriomno-gościowym. Nie zachodzi też potrzeba wprowadzenia nowych pojęć dla „usensownienia” rachunku czy dla zidentyfikowania przyporządkowanej

¹¹⁸ A. Kuipers, *Model and Insight*, [W:] *The Concept...*, s. 125–132; Hempel, *Aspects...*, s. 446 n.

¹¹⁹ Achinstein, *Concepts...*, s. 218.

mu dziedziny. Przy formalizacji określonych fragmentów dyscyplin przyrodniczych nie można pominąć dwu rzeczy. Matematyka i fizyka różnią się najpierw w tym względzie, że symbole fizyki posiadają uprzednią interpretację, bez której są pozbawione sensu fizycznego. Stąd pojęcie interpretacji opracowane na gruncie teorii modeli nie stosuje się do fizyki. Następnie sprawa porządku czasowego, nie odgrywająca roli z punktu widzenia logiki, jest istotna w badaniu naukowym. Stąd też dyskusja na temat, czy model jest uprzedni w stosunku do teorii albo rzecz ma się odwrotnie oraz pytanie, czy struktura modelu jest imputowana teorii czy też struktura teorii jest przyporządkowana modelowi — to pytania istotne jedynie z punktu widzenia teorii fizyki¹²⁰.

Nasuwa się jeszcze pytanie, czy wszystkie teorie fizykalne zakładają model jako postulowaną strukturę stanowiącą układ zróżnicowanych przedmiotów, których własności i relacje są przynajmniej w pewnym stopniu określone. Odwołując się do teorii dynamicznych powiemy np., że prawo grawitacji bądź opisuje ruch jednego ciała względem innego centralnie położonego, bądź wyjaśnia taki ruch w terminach siły grawitacji pojętej jako czynnik przyczynowy. W drugim przypadku (chodzi o wyjaśnianie) mówimy o modelu dynamicznym rozumiejąc „model” w wyżej podanym sensie. Rzecz przedstawia się inaczej w przypadku tzw. modeli fenomenologicznych. Traktując sprawę ogólnie modele te są uważane za związki matematyczne między wielkościami fizycznymi, z których wyprowadzamy prawa empiryczne¹²¹. Model taki nie jest fizyczną strukturą, a w przeciwieństwie do teorii nie pełni funkcji wyjaśniającej, jako że jest jedynie sumarycznym opisem. Z logicznego punktu widzenia nie występuje żadna różnica między teorią a modelem fenomenologicznym. W jednym i drugim przypadku można podać odpowiednie aksjomatyki, jak również wyprowadzić prawa empiryczne. Różnice zaznaczają się dopiero z punktu widzenia fizyki. Teoria pozwala wyjaśnić dane zjawiska. Model fenomenologiczny wychodzi poza płaszczyznę opisu jedynie ze względów generalizacyjnych. Cechą modeli fizycznych jest również to, że powinny zawierać pewną treść dodatkową, która pozwoliłaby na ewentualne zmiany dotychczasowej teorii ze względu na nowe wyniki, jakich nie da się wyprowadzić ze znanych założeń teoretycznych¹²².

¹²⁰ E. Mc Mullin, *What Do Physical Models Tellus*, [W:] *Logic, Methodology and Philosophy of Science*, Amsterdam 1968, s. 388 nn.; Farre, *Remarks...*, s. 140 n.

¹²¹ Zagadnienie stosunku modeli teoretycznych do praw analizuje Wartofsky, *Conceptual...*, s. 279 nn.

¹²² Mullin, *What...*, s. 390 nn.; D. W. Theobald, *Models and Method*, „Philosophy”, 39 (1964) 260 nn.

B) FUNKCJE MODELI

Przedstawiona w punkcie (A) charakterystyka pojęcia modelu została dokonana głównie w aspektach syntaktyczno-semantycznych. Takie podejście, prowadzące zazwyczaj do wykrycia pewnych elementów strukturalnych pojęcia, nie wydaje się zupełne. Dopełniające w tym względzie okazuje się ujęcie, którego punktem wyjścia są analizy funkcji faktycznie stosowanych modeli. Pragmatyczne aspekty semiotyki modelu zakładają zarówno jego syntaktykę, jak i semantykę. Analiza reprezentatywnych funkcji modelu pozwala wyeksplikować nowe podstawy ogólnej charakterystyki różnych form tego pojęcia. Podobnie jak w punkcie (A), tak i tutaj nie dąży się do przedstawienia wyczerpującej listy funkcji, nie dokonuje się też redukcji z określonego punktu widzenia, natomiast poddaje się analizie niektóre bardziej reprezentatywne i najczęściej spotykane funkcje modelu¹²³.

B 1) *Funkcja wyjaśniająca.*

Problem określenia sposobu, w jaki model pełni funkcję wyjaśniającą, jest złożony z powodu rozbieżności w rozumieniu tych terminów. Pojmując wyjaśnianie jako sprowadzenie czegoś mniej do bardziej znanego, odnośną funkcję pełnią głównie modele ikoniczne, a w szczególności — mechaniczne. Modele takie, jako uproszczone odpowiedniki rzeczywistych obiektów, pozwalały je zrozumieć. Służyły one jako ekwiwalent naocznej wiedzy o ukrytym podłożu zjawisk, jako pewnego rodzaju dopełnienie zdań empirycznych. Modele takie stanowiły niejako rację, z której te zdania usiłowano wywieść i do której chciano je redukcyjnie sprowadzić. Wspomniana redukcja jest zwykle wielo-jednoznaczna, to znaczy zdaniom o różnych zjawiskach można przyporządkować jeden wspólny model. Na przykład zdaniom o takich własnościach gazu, jak temperatura, ciśnienie, objętość, odpowiada jeden model redukcyjny — model gazu doskonałego¹²⁴. Tymczasem analiza klasycznej termodynamiki okazała, że modele ikoniczne nie są konieczne w fizyce. Wyjaśnianie i przewidywanie w oparciu o teorię nie postuluje odwoływania się do czegokolwiek obrazowego. Wprawdzie termodynamikę zbudowano w oparciu o analogie hydrodynamiczne, a elektromagnetyzm za pomocą analogii ciał elastycznych, skoro jednak teorie te zostały zbudowane, wtedy analogie te przestały pełnić swą funkcję. Taka była treść antymodelowej tezy P. Duhema i jego zwolenników¹²⁵.

¹²³ Stachowiak, *Gedanken...*, s. 462; Apostel, *Towards...*, s. 36 n.; R. Martin, *Toward a Systematic Pragmatics*, Amsterdam 1952.

¹²⁴ Stoff, *Modellierung...*, s. 57; Wartofsky, *Conceptual...*, s. 281; Synowiecki, *Problem...*, s. 21 n.; Nagel, *Struktura...*, s. 109.

¹²⁵ Bunge, *Philosophy and Physics*, [W:] *Contemporary...*, s. 174 n.

Pojęcie wyjaśniania ulegało w dalszym ciągu pewnym modyfikacjom w kierunku uogólnienia. Dokonało się to w pracach Poppera i Hempla. Naukowe wyjaśnianie polega na wyprowadzeniu zdań wyjaśnianych z ogólnych praw i szczegółowych informacji. Podobnym modyfikacjom w sensie uogólniania ulegało w fizyce pojęcie modelu, które zostało przez niektórych autorów „zlokalizowane” pomiędzy obrazem a teorią. Jest to kierunek wskazujący tendencję do tworzenia coraz bardziej abstrakcyjnych twórców, którego kresem jest teoria jako model wyjaśniający¹²⁶. Budowanie tego rodzaju modeli traktuje się jako wyjaśnianie teoretyczne¹²⁷.

Modele wyjaśniające zawierają pewną liczbę modeli opisowych (schematyzujących) i odnoszą się do określonej dziedziny zjawisk, ustalając między ich własnościami związku typu warunkowego, przyczynowego czy strukturalnego. Formalne uporządkowanie tych prawidłowości empirycznych wprowadza aksjomatyka, która pozwala wyjaśnić w sensie klasycznym zdania jednostkowe, jak również ich generalizacje¹²⁸. Modele teoretyczne pełnią funkcję wyjaśniającą również w terminach czegoś bardziej znanego, jak to jest np. przy próbach sprowadzenia zjawisk względnie mniej znanych (explanandum) do bardziej znanych mechanizmów i obrazowych układów niemechanicznych (atom Bohra, modele ekspandującego wszechświata). To, co jest charakterystyczne dla modeli teoretycznych, polega na łączeniu explanandum z układem już znanym, dzięki czemu stanowią tzw. tekst otwarty, posiadają dodatkowe znaczenie, są bogatsze w aspekcie waloru wyjaśniającego¹²⁹.

S. Toulmin¹³⁰, R. Harre¹³¹ i W. Sellars¹³² poddają krytyce formalistyczne ujęcie modeli i wyjaśniania. Teoria nie jest jedynie formalnym narzędziem przewidywania, ale umożliwia wytlumaczenie rzeczywistości materialnej. Model stanowi nieformalny środek poznawczego kontaktu z rzeczywistymi obiektami. Wyjaśniająca funkcja modelu ujawnia się w konstruowaniu analogii między prawidłowościami różnych grup zjawisk, co pozwala odkryć elementy ich struktury. Modele wyjaśniające przybierają nieraz postać modeli komplementarnych (np. falowy i korpuskularny model światła).

¹²⁶ Groenewold, *The Model in Physics*, [W:] *The Concept...*, s. 101 n.

¹²⁷ Apostel, *Towards...*, s. 14 n.; V. A. Smirnov, *Wissensebenen und Etappen des Erkenntnisprozesses*, [W:] *Studien zur Logik der wissenschaftlichen Erkenntnis*, Berlin 1967, s. 69.

¹²⁸ Stachowiak, *Über Kausale...*, s. 409—426.

¹²⁹ *The Encyclopedia...*, s. 356.

¹³⁰ *Foresight and Understanding*, London 1961, s. 30 nn.; tenże, *Philosophy of Science*, London 1953, s. 38, 165.

¹³¹ *An Introduction to the Logic of the Sciences*, London 1960, s. 82 n.

¹³² *Empiricism and the Philosophy of Mind*, [W:] *Minnesota...*, t. 1, s. 312 n.

Wyjaśnianie modelowe bywa czasem przeciwstawiane wyjaśnieniu teoretycznemu (wyjaśnianie w ujęciu Poppera-Hempla). O ile w wyjaśnianiu modelowym zasadniczą rolę odgrywa analogia, to w tłumaczeniu teoretycznym — dedukcyjny schemat wyjaśniania. Tłumaczenie modelowe cechuje się tym, że jest: 1° niejednoznaczne, bo nie wyklucza innych typów wyjaśniania opartego o analogię; 2° hipotetyczne, bo występują w nim hipotezy; 3° nie wprost, ponieważ prawa, zdania o przyczynach, warunkach i strukturach, jakie występują w zdaniach wyjaśniających, transponuje się po dokonaniu odpowiednich modyfikacji na dziedzinę z modelem izomorficzną, w której występują zjawiska wyjaśniane. W tłumaczeniu posługujemy się modelem analogicznym, jakim jest teoria (bądź jej fragment) odwzorowująca obiektywne prawidłowości struktury czy funkcje badanego zbioru przedmiotów. Zjawisko dyfrakcji elektronów tłumaczy się np. za pomocą modelu falowego światła.

Zasada tłumaczenia modelowego streszcza się w twierdzeniu, że teoria (w jakiej występują związki przyczynowe, strukturalne) tłumacząca poprzez model pewną dziedzinę zjawisk jest stosowana do innej dziedziny zjawisk, jaką należałoby wyjaśnić. Twierdzenie to jest słuszne, model bowiem w tym kontekście jest rozumiany jako człon relacji o charakterze analogii, homomorfii lub izomorfii. Relacja ta zachodzi między strukturą dobrze znanej dziedziny zjawisk (model jako uproszczone odwzorowanie), ujętą w formę teorii tłumaczącej te zjawiska, a modelem dziedziny zjawisk, które należy wytłumaczyć. Relacja taka posiada zazwyczaj charakter analogii fizycznej. Wtedy zaś model i jego odpowiedniki są traktowane jako jednakowo zrozumiałe w aspekcie ich istoty i mechanizmów.

Model analogiczny jest do zrealizowania i eksperymentalnego badania. Ta jego cecha nie jest wszakże istotna z punktu widzenia funkcji wyjaśniającej. Ważne w tym względzie jest teoretyczne uzasadnienie wysunięcia takiej analogii oraz ścisłe przestrzeganie reguł przyporządkowania modelu zarówno strukturze dziedziny zjawisk wyjściowych, jak również strukturze zjawisk będących przedmiotem badania. Dobrze znana dziedzina, dla której wypracowano uzasadnioną teorię, staje się wtedy punktem wyjścia modeli myślowych rekonstruujących niedostatecznie dotąd poznane zjawiska. Ustalenie takich związków pozwala na zastosowanie praw znanej teorii do badanego obszaru zjawisk.

Przy podanym znaczeniu pojęcia tłumaczenia funkcję wyjaśniającą pełnią również modele obrazowe i symboliczne. W takich modelach na pierwszy plan wysuwa się podobieństwo między modelem a prototypem (analogia pozytywna) przy równoczesnym eliminowaniu cech różnicujących (analogia negatywna). W tym sensie model atomu Bohra nie jest już analogonem systemu planetarnego, ale jest układem elektrycznie

naładowanych cząstek. Podobnie ma się rzecz z symbolicznymi modelami stosowanymi np. w chemii organicznej. Wprowadzone przez A. Kekulé wzory strukturalne związków organicznych pozwalają wyjaśnić np. zjawisko izomerii pewnych związków węgla¹³³.

B 2) Funkcja heurystyczna

Model jako pewnego rodzaju schemat pojęciowy, nałożony na przyrodę, stanowi doniosłe narzędzie zdobycia informacji o danej dziedzinie badania¹³⁴. Sam model jest równocześnie nośnikiem informacji o przedmiocie odwzorowanym¹³⁵. Uzyskane w ten sposób informacje mogą z kolei stać się przesłankami zasadnych wniosków dotyczących odwzorowanej przez model dziedziny¹³⁶.

Gdy model potraktujemy jako pewnego rodzaju hipotezę roboczą¹³⁷, wtedy towarzyszy on poszczególnym etapom procesu narastania schematu teoretycznego, poddając ciekawe poznawczo pytania konfrontowane z eksperymentem oraz sugerując nowe w aspekcie prognostycznym kierunki badań¹³⁸.

Historia fizyki zna wiele przykładów ilustrujących podane stwierdzenia. Huygens np. rozwinął falową teorię światła korzystając ze znanego już falowego ujęcia dźwięku. Teoria ciepła Fouriera powstała w oparciu o analogię ze znanymi prawami przepływu ciał płynnych. W tych przykładach model wskazywał sposób formułowania oraz rozszerzania podstawowych założeń teorii.

Modele formalne odgrywają poważną rolę w fizyce zmatematyzowanej. Wchodzi tu w grę maxwellowski przykład identyczności matematycznej struktury teorii grawitacji i równań przewodnictwa cieplnego. Podobne przykłady znajdujemy w nowszych teoriach fizyki, mianowicie w teorii względności oraz w mechanice kwantowej, w których modele relacji wyprowadzono w oparciu o ścisłą analogię z ważniejszymi równaniami mechaniki klasycznej.

Funkcję heurystyczną pełnią modele nie tylko w procesie formułowania teorii, ale i przy jej stosowaniu. Założenia teorii są wykorzystywane w zakresie wynikających z nich konsekwencji, które mogą prowa-

¹³³ Stoff, *Modellierung...*, s. 224 nn.; J. P. Nikitin, *Objasnene — funkcija nauki*, Moskwa 1970, s. 55—77.

¹³⁴ Hutten, *Scientific...*, s. 127.

¹³⁵ Model pełni więc podobną funkcję jak sygnały w rozumieniu cybernetyki. Por. Stoff, *Modellierung...*, s. 174 n.

¹³⁶ Dąbmska, *O narzędziach...*, s. 79.

¹³⁷ C. G. Hempel, *The Logic of Functional Analysis*, [W:] *Aspects...*, s. 329.

¹³⁸ Lowentin, *Models...*, s. 283 n.; Braithwaite, *Models...*, s. 228; Achinstein, *Models...*, s. 342; Hesse, *Models...*, s. 199 n.

dzić do wytłumaczenia praw eksperymentalnych oraz do wskazania kierunku badań w nowych dziedzinach. Owe założenia sugerują również sposoby takiego przeformułowania praw eksperymentalnych, przy którym rozszerza się zakres ich uzasadnionej stosowalności. Modele są użyteczne dla teorii również z tego względu, że sugerują, w którym momencie należałoby wprowadzić reguły ustalające odpowiedniość między terminami teoretycznymi a obserwacyjnymi. Model mianowicie może sugerować, jakim terminom teoretycznym można by przyporządkować terminy eksperymentalne. Na przykład model atomu Bohra nasuwa sugestię, iż matematyczne terminy teorii, interpretowane jako przeskok elektronu, należy łączyć z liniami widma świetlnego, określanego eksperymentalnie¹³⁹.

B 3) Funkcja reprezentująca

Istotną funkcję modelu stanowi odwzorowywanie lub reprezentowanie pewnego układu przedmiotów¹⁴⁰. Odwzorowanie polega na przyporządkowaniu modelu i przedmiotu, co jest uwarunkowane podobieństwem ich struktur¹⁴¹. Pojęcie podobieństwa charakteryzuje się w tym przypadku pewnymi stopniami¹⁴², od podobieństwa relacji o charakterze praw do homomorfii i izomorfii¹⁴³.

Wymienione wyżej pojęcia struktury, odwzorowania, podobieństwa, homomorfii, izomorfii, modelu izomorficznego oraz homomorficznego są zaczerpnięte z języka matematyki i logiki, gdzie są dokładnie określone¹⁴⁴. Nie zatrzymując się więc dłużej nad analizą definicji tych pojęć, zwrócimy jedynie uwagę na te ich elementy znaczeniowe, które będą użyteczne w wyluszczeniu interesującego nas zagadnienia.

Funkcja reprezentująca stanowi cechę diagnostyczną modeli w odróż-

¹³⁹ Nagel, *Struktura...*, s. 103 nn.; Hempel, *Aspects...*, s. 441; Hutten, *Scientific...* s. 124; Meyer, *On the Heuristic...*, s. 122; H. Laitko, *Das Korrespondenzprinzip als Methode der theoretischen Erkenntnis, [W:]Wege...*, s. 127—161; Theobald, *An Introduction...*, s. 56, 59; Mc Mullin, *What...*, s. 392.

¹⁴⁰ Dąbwska, *Dwa studia...*, s. 23; Frey, *Symbolische...*, s. 89.

¹⁴¹ B. Russell, *Wstęp do filozofii matematyki*, Warszawa 1958, s. 92, z jęz. ang. tłum. Cz. Znamierowski.

¹⁴² W. R. Ashby, *Wstęp do cybernetyki*, Warszawa 1961, s. 148, z jęz. ang. tłum. B. Osuchowska, A. Gosiewski.

¹⁴³ G. Pólya, *Mathematik und plausible Schliessen*, Basel 1962, t. 1, s. 35, 57—59.

¹⁴⁴ Przełęcki, *Interpretacja...*, s. 212 nn.; Suszko, *Logika formalna...*, s. 528 nn.; Apostel, *Towards...*, s. 17; Achinstein, *Models...*, s. 329; Dąbwska, *Dwa studia...*, s. 23; M. Lubański, *Język matematyczny i odwzorowanie*, „St. Phil. Christ.” 7 (1971) 55—69; G. Radnitzky, *Contemporary Schools of Metascience*, Göteborg 1970, s. 25.

nieniu od innych środków poznania¹⁴⁵. Jest typowa zarówno dla modeli skali, geometrycznych, mechanicznych i analogicznych, jak również dla modeli pojętych jako teoria oraz dla modeli rozumianych jako wzór (przedmiot odwzorowywany) i jako odwzorowanie (przedmiot odwzorowujący)¹⁴⁶. Rzeczą istotną dla charakterystyki modelu w tych przypadkach jest stosunek odwzorowania, polegający na izomorfii lub homomorfii struktur modelu i jego odpowiednika. Wyżej zwrócono już uwagę na takie eksplikacje izomorfizmu, jak równość struktur¹⁴⁷ czy układ równań o takim samym kształcie formalnym (izomorfizm nomologiczny)¹⁴⁸. Prawa określone dla pewnej dziedziny zjawisk uważa się wtedy za interpretację danego systemu równań, interpretację uwarunkowaną podstawieniem za symbole zmienne odpowiednich wielkości fizycznych. Taki sam układ równań odmiennie interpretowany może służyć jako model dla innego układu praw. W takim przypadku modelem jest układ stosunków logicznych odwzorowanych w poszczególnych interpretacjach systemu równań¹⁴⁹.

Zwróćmy obecnie baczniejszą uwagę na istotne dla odwzorowania pojęcia izomorfizmu i homomorfizmu. Pojęcia te określone dla relacji lub funkcji, jakie zachodzą między strukturami matematycznymi, stosuje się również do przedmiotów doświadczenia, co pociąga za sobą konieczność wyeksponowania uwarunkowań, które by uprawomocniły aplikację pojęć matematyki do układów fizycznych.

W matematyce określa się pojęcie reprezentowania jako jedno-jednoznaczne przyporządkowanie dwu zbiorów, które posiadają określoną strukturę. Niech a_1, a_2, \dots będą elementami zbioru O_1 , zaś b_1, b_2, \dots elementami zbioru O_2 ($a_n \in O_1, b_m \in O_2$). Zbiory te nie muszą być skończone, zaś ich elementy nie muszą być tego samego rodzaju. R_1, R_2, \dots niech będą relacjami w zbiorze O_1 , zaś P_1, P_2, \dots relacjami w zbiorze O_2 . Relacje mogą zachodzić między dwoma lub więcej elementami. Odwzorowanie O_1 na O_2 określa się wprowadzając funkcję przyporządkowującą Φ w sposób następujący:

$$\Phi a_i = b_k$$

$$\Phi R_n(a_h, \dots, a_l) = P_m(\Phi a_h, \dots, \Phi a_l).$$

Druga równość stwierdza, że jeśli relacja R zachodzi między elementami a_h, \dots, a_l , wtedy relacja P będąca jej obrazem zachodzi między odpowied-

¹⁴⁵ Stoff, *Modellierung...*, s. 30.

¹⁴⁶ Dąbbska, *Dwa studia...*, s. 23 nn.; tenże, *O narzędziach...*, s. 74; Groenewold, *The Model...*, s. 98 n.

¹⁴⁷ Wartofsky, *Conceptual...*, s. 144; Stegmüller, *Theorie...*, s. 48; Suppes, *What...*, s. 59.

¹⁴⁸ Brodbeck, *Models...*, s. 379.

¹⁴⁹ Dąbbska, *Dwa studia...*, s. 27.

nikami elementów a_h, \dots, a_1 . Jeśli dla każdego elementu (a) zbioru O_1 istnieje przyporządkowujący odpowiednik (b), wtedy reprezentację nazywa się homomorfizmem. Całość przyporządkowujących elementów b_k oraz relacji P_m , zachodzących między nimi, reprezentuje homomorficzny obraz zbioru O_1 . Fakt ten wyrażamy następująco: $O_1 \rightarrow O_2$. Jeśli odwzorowanie zachodzi również w drugą stronę, mówimy o izomorfizmie. Znaczy to, że jeśli O_2 jest homomorficznym obrazem O_1 oraz O_1 jest homomorficznym obrazem O_2 , wtedy O_1 i O_2 są izomorficzne. Zapisujemy to w ten sposób $O_1 \leftrightarrow O_2$ ¹⁵⁰.

Wyróżnia się izo- homomorfizm zupełny i niezupełny. Pierwszy zachodzi, jeśli dla wszystkich możliwych relacji R zbioru O_1 istnieją odpowiednie relacje P w zbiorze O_2 i na odwrót. Drugi zachodzi, jeśli z wszystkich relacji zbioru O_1 wybieramy pewien ich układ R_α w ten sposób, że skoro P_α stanowią obrazy R_α zbioru O_1 , wtedy O_1 i O_2 są izo- homomorficzne ze względu na relacje R_α ($P_\alpha = \Phi R_\alpha$).

Wprowadzone pojęcie izo- homomorfii, zastosowane do modeli stosowanych w naukach przyrodniczych, ulega pewnym modyfikacjom bądź ze względu na (1) momenty przypadkowe lub arbitralne, (2) okoliczność, że tylko pewne relacje i funkcje są izo- homomorficznie reprezentowane.

Ad 1) Modele jako konstrukcje idealne stanowią pewnego rodzaju abstrakcje od rzeczywistości. Arbitralność nie cechuje modeli o charakterze jednostkowym, które reprezentują jakiś konkretny kontekst doświadczalny (mapa terenu, mapa plastyczna, model miasta, socjogramy grup społecznych). Element przypadkowy jest właściwy dla modeli ogólnych, jakimi są np. prawa przyrody, teorie, łącznie z ich członami strukturalnymi (cybernetyczne modele procesów psychicznych, strukturalne wzory chemii, sieciowa struktura kryształów, falowy charakter głosu i światła). Model posiada również charakter ogólny, jeśli zawiera określony układ współrzędnych, jak np. model układu słonecznego. Model ten zawiera element przypadkowy w formie tzw. perturbacji spowodowanych przez ciało, które pierwotnie nie zostało w układzie uwzględnione. Dewiacje w orbicie planety Uran wyjaśniono np. odwołując się do nowej planety Neptun. Takie tłumaczenie zakłada, iż pierwotnie akceptowano model procesów z zewnątrz nie zakłóconych. Ponieważ takie procesy faktycznie nie istnieją, model — który je reprezentuje — stanowi wyidealizowaną konstrukcję. Podobnych przykładów dostarcza np. krystalografia. Wprawdzie trudno jest ustalić, w jakim stopniu tego rodzaju modele ogólne odpowiadają rzeczywistości, w wielu jednak przypadkach

¹⁵⁰ G. Frey, *The Use of the Concepts „Isomorphic” and „Homomorphic” in Epistemology and the Theory of Science*, „Ratio”, 11 (1969) 1—3; Bunge, *Analogy...*, s. 266 n.; Brodbeck, *Models...*, s. 374, 379.

znane są warunki ich aplikacji, które określają również ewentualne rozbieżności między modelem a modelowanym obszarem zjawisk.

Ad 2) Model jest izomorficzny z określonym polem doświadczenia ze względu na pewne relacje i funkcje. W reprezentowaniu tego pola izo- homomorfizm jest niezupełny ze względu na skończony charakter opisu danych doświadczenia. Każde doświadczenie z natury rzeczy jest selekcją momentów dokonaną przez obserwatora. Możliwość reprezentowania jakiejś dziedziny jest uwarunkowana wielością reprezentowanych obiektów. Warunek ten jest spełniony, kiedy dziedzina jest nieciągła i skończona. Modelem tego rodzaju jest strukturalna formuła benzenu. Wchodzące w skład cząsteczki benzenu atomy pojmujemy jako jednostki (podobnie jest z socjogramem grupy społecznej, której jednostkami są wchodzące w skład grupy społecznej osoby). Reprezentacja terenu w formie mapy nie da się już przedstawić w ten sposób. Założenie, jakoby każdemu punktowi terenu odpowiadał określony punkt mapy, jest czysto teoretyczne. Zagadnienie jest jeszcze bardziej złożone w przypadku zjawisk, których reprezentacja postuluje pewien stopień ciągłości. Na przykład funkcja reprezentująca trajektorię pocisku jest ciągła i różniczkowalna. Mamy tu do czynienia z nieprzeliczalnym zbiorem punktów trajektorii. Wiemy jednak, że w doświadczeniu dysponujemy tylko skończoną liczbą mierzalnych wartości. Każda wartość empiryczna (rozumiana np. jako przeciętna statystyczna) może być pomyślana w ten sposób, że jest odwzorowana na całym zbiorze wartości funkcji, który jest określony przez pomiary. Znaczy to, że dana dziedzina nie jest w dalszym ciągu nieciągła. W samej rzeczy ważne jest to, że każde doświadczenie, pomiar selekcjonuje obiekt, charakteryzowany przez wielkości mierzalne. Może on być odwzorowany na zbiorze wartości funkcji, reprezentującej model. Odwzorowane na funkcji obiekty nie są matematycznymi punktami prostej (pary wielkości, które spełniają funkcję dla określonych liczb rzeczywistych), ale stanowią zbiór wartości funkcji określony przez pomiar. Zbiór punktów wspólnych jest izomorficznym obrazem dziedziny empirycznej. Ponieważ funkcja matematyczna określa ten zbiór, zatem traktuje się ją jako odnośny model. Ponieważ jednak jej kształt nie jest w całości wyznaczony przez dane doświadczenia, mówimy o izomorfizmie częściowym.

Dziedzina O_1 jest odwzorowana na dziedzinę O_2 , jeśli istnieje taki jej fragment M ($M \subset O_2$), że O_1 i M są izomorficzne. Relacja między M i O_2 pozwala stwierdzić, że zawartość modelu wykracza poza zawartość dziedziny empirycznej. Chcąc więc określić przydatność modelu dla odwzorowania układów materialnych, należy uwzględnić: (a) relacje i funkcje, ze względu na które zachodzi izomorfizm, oraz (b) rozstrzygnąć zagadnienie, czy zachodzi izomorfizm częściowy, a skoro odpowiedź jest pozy-

tywna, wtedy należy ustalić związki między M oraz O_2 . Przykładem zagadnienia sformułowanego w punkcie (a) jest aktualny dziś problem: o ile maszyna może stanowić model procesów psychicznych człowieka. W przypadku (b) operuje się w odniesieniu do modeli fizycznych pojęciami izomorfizmu niezupełnego. Stwierdza się, że częściowy izomorfizm zachodzi dla O_1 (przy założeniu, że dane doświadczenia są coraz bogatsze), jeśli daje się znaleźć takie M , że $M \subset O_2$ ¹⁵¹.

Przedstawione rozwżania w odniesieniu do reprezentacji izomorficznej stosują się i do reprezentacji homomorficznej, z tym tylko, że ta druga odwzorowuje rzeczywistość w sposób mniej ścisły. Rozważmy taki przykład. Niech na zbiór O_1 składa się sześć punktów okręgu (1, 2, 3, 4, 5, 6) oraz zachodzące między nimi relacje sąsiedztwa. Zbudujmy dwa modele homomorficzne: O_2 i O_3 , z których O_2 składa się z czterech punktów ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$), zaś O_3 z dwu punktów (A, B) na okręgu. Jeśli dokonamy przyporządkowania: $1 \rightarrow \alpha, 2 \rightarrow \beta, 3 \rightarrow \gamma, 4 \rightarrow \delta, 5 \rightarrow \alpha, 6 \rightarrow \beta$, wtedy O_1 jest homomorficzny z O_2 ze względu na relację sąsiedztwa punktów na okręgu. Przyporządkowując: $1 \rightarrow A, 2 \rightarrow B, 3 \rightarrow A, 4 \rightarrow B, 5 \rightarrow A, 6 \rightarrow B$, wtedy O_1 jest homomorficzny z O_3 ze względu na stosunek sąsiedztwa. Jak widać, O_2 jest dokładniejszym odwzorowaniem O_1 niż O_3 . O_2 odtwarza kształt okręgu O_1 , podczas gdy O_3 odtwarza jedynie podstawową strukturę relacji sąsiedztwa punktów¹⁵².

Zaznaczmy jeszcze, że z epistemologicznego punktu widzenia daje się wyróżnić w aspekcie rozważanej funkcji dwa stanowiska akceptujące koncepcję teorii-modelu. Pierwsze, określane mianem realistycznego, traktuje modele jako aproksymacje w stosunku do rzeczywistości. Stanowisko konstrukcjonistyczne (fenomenalistyczne) charakteryzuje modele jako wyidealizowane twory stanowiące ekonomiczną reprezentację systemu praw¹⁵³.

B 4) Funkcja psychologiczna

Jest to funkcja treściowo niejednolita i kontrowersyjna. Warto więc zwrócić uwagę na niektóre cechy i funkcje modelu istotne dla kontekstu określanego mianem „psychologiczny”.

Model czyni teorię bliższą intuicji, a tym samym bardziej zrozumiałą. Kiedy zaś posiada tę samą formę co stan rzeczy reprezentowany przez twierdzenia teorii, wtedy stanowi pomoc dla wyobraźni w ich praktycznym stosowaniu¹⁵⁴. Obok odwzorowywania i upraszczania wy-

¹⁵¹ Frey, *The Use...*, s. 3—10.

¹⁵² Tamże, s. 11 nn. Por. również Brodbeck, *Models...*, s. 383 nn.; Dąmbaska, *Dwa studia...*, s. 28—31; Meyer, *On the Heuristic...*, s. 114, 118 n.

¹⁵³ Wartofsky, *Conceptual...*, s. 286 n.

¹⁵⁴ Bocheński, *The Methods...*, s. 39; Sellars, *Theoretical...*, s. 328.

mienia się jako główną cechę modelu jego charakter subiektywny. Modele nie są per se przyporządkowane przedmiotom odwzorowanym. Funkcję reprezentowania i zastępowania pełnią dla podmiotu poznania, który posługuje się nimi dla dokonania operacji poznawczych, zrelatywizowanych do etapu rozwoju danej nauki¹⁵⁵.

Dla funkcji psychologicznej modelu ważną rolę odgrywa jego element metaforyczny, rozumiany jako analogiczny transfer słownika używanego w jakimś języku. Na rzecz akceptacji czynnika metaforycznego w modelu przemawiają względy dydaktyczne, unifikujące hipotetyczny obraz świata, a następnie instrumentalno-eksperymentalny walor metafory, ułatwiający technikę przeprowadzanych doświadczeń, zwłaszcza w początkowych fazach konstruowania teorii¹⁵⁶.

Wspomniane cechy i funkcje modelu pozostają w związku z ich naocznością. Cecha ta jest istotna nie tyle dla semantyki teorii, co ze względu na ilustracyjny charakter modelu¹⁵⁷. Aktualna ciągle dyskusyjność tej cechy modelu postuluje szersze jej omówienie, zwłaszcza dlatego, że chodzi tu o kontrowersje zogniskowane wokół modeli stosowanych w fizyce.

Za czasów lorda Kelvina żadna teoria nie była uważana za fizykalną, dopóki nie skonstruowano jej obrazowego (sc. mechanicznego) modelu. Negacja tej tezy, znana jako antymodelowe twierdzenie Duhema, znalazła licznych zwolenników wśród fizyków oraz teoretyków przyrodoznawstwa o nastawieniu głównie pozytywizującym bądź kantyzyującym. Reprezentatywne dla takiego stanowiska tezy można zestawić w kilku zdaniach. Ze względu na kwantowy charakter mikroprocesów, jak również z powodu niemechanicznego charakteru ich praw jest rzeczą niemożliwą zbudować jednolity i ogólnie ważny model mikroobjektów. Należy zadowolić się komplementarnymi modelami mikroświata¹⁵⁸. Zasadnicza nienaoczność, typowa dla poznania mikroświata w ramach jego teorii, pozostaje w związku z niematerialnym charakterem jego obiektów, nie egzystujących w przestrzeni i czasie oraz nie podlegających prawom przyczynowym¹⁵⁹. Rezygnacja z naoczności w fizyce kwantowej była wynikiem oferowania przez nią wykluczających się obrazów świata obiektów, nie

¹⁵⁵ Stachowiak, *Gedanken...*, s. 438; Groenewold, *The Model...*, s. 99 n.

¹⁵⁶ Hutten, *Scientific...*, s. 125; Lowentin, *Models...*, s. 279 nn.; G. Klaus, *Spezielle Erkenntnistheorie*, Berlin 1966, s. 293 nn.; Dąmbska, *O narzędziach...*, s. 79, 84.

¹⁵⁷ Bunge, *Analogy...*, s. 284.

¹⁵⁸ N. Bohr, *Fizyka atomowa a wiedza ludzka*, Warszawa 1963, s. 45 n., tłum. z jęz. ang. zbiór.

¹⁵⁹ W. Heisenberg, *Wandlungen in den Grundlagen der Naturwissenschaft*, Leipzig 1945, s. 86.

dających się ujednoczyć bez popadnięcia w sprzeczność¹⁶⁰. Naoczność nie cechuje teorii tak kwantowych, jak i klasycznych, ponieważ przedstawienie jakiegokolwiek teorii fizycznej nie wywołuje w podmiocie poznania żadnych doznań podobieństwowych. Nie zachodzi np. żadne podobieństwo między świecącymi na kuli niebieskiej punktami a systemem planetarnym¹⁶¹. Poglądowość stanowi niejednokrotnie ukryty postulat prostoty¹⁶². Koncepcja rozwoju nauki jest czasem pojmowana jako proces stopniowego wyzwiania się od naoczności. Stąd najogólniejsze prawa przyrody są formułowane w ten sposób, że wykluczają wszelkiego rodzaju poglądowość¹⁶³. Przejście od fizyki klasycznej do kwantowej cechuje eliminacja czynnika obrazowego na rzecz formalizmu jako systemu równań¹⁶⁴.

Przedstawione tezy, mające przemawiać na rzecz wyeliminowania z fizyki czynnika poglądowości, daje się ująć w kilku punktach: 1° niemożliwość poglądowego przedstawienia zjawisk mikro- i megaświata; 2° wskazanie obiektywnych własności przedmiotów wykluczających możliwość ich obrazowego opisu; 3° tłumaczenie danych (naocznie) doświadczenia poprzez odwoływanie się do konstruktów teoretycznych; 4° założenie, według którego dalszy postęp fizyki jest możliwy przy negacji stosowania modeli poglądowych¹⁶⁵.

Wprawdzie rozwiązanie problemu naoczności charakteru modeli jest sprawą nie tylko terminologiczną, warto jednak wyeksplikować różne znaczenia tego terminu, jakimi posługują się niektórzy autorzy negatywnie ustosunkowani do samego zagadnienia. Naoczność to tyle, co (1) geometryczne własności obiektu, (2) przedmioty, do których stosują się prawa ruchu mechaniki klasycznej (W. Heisenberg), (3) niesprzeczność teorii (W. Heisenberg, P. Jordan), (4) prostota jako wynik upraszczających idealizacji, (5) teoria, do której stosuje się zasada korespondencji (P. Jordan), (6) możliwość przedstawienia obiektu za pomocą mechanicznego modelu (C. F. von Weizsäcker), (7) przyzwyczajenie się do niektórych pojęć (J. Jeans, A. March, M. Planck)¹⁶⁶.

Stanowisko antypoglądowe nie jest ogólnie aprobowane. Twierdzenia

¹⁶⁰ A. March, *Die physikalische Erkenntnis und ihre Grenzen*, Braunschweig 1955, s. 14 n.

¹⁶¹ Ph. Frank, *Modern Science and Its Philosophy*, Cambridge 1950, s. 151.

¹⁶² Ph. Frank, *Über die „Anschauligkeit“ physikalischen Theorien*, „Die Naturwissenschaften”, 16 (1928) 122.

¹⁶³ E. Cassirer, *Philosophie der symbolischen Formen*, Berlin 1929, t. 3, s. 522.

¹⁶⁴ Kuipers, *Model...*, s. 125—132; Kaulbach, *Die Anschauligkeit in der klassischen und modernen Physik*, „Phil. Nat.”, 5 (1958) 66, 74—79.

¹⁶⁵ Tezy te referuje: Stoff, *Modellierung...*, s. 294.

¹⁶⁶ Tamże, s. 296 nn.

przeciwstawne są wysuwane głównie ze strony tzw. neokelwinistów. Utrzymują oni, że każda teoria fizykalna suponuje albo jest powiązana z wizualną reprezentacją jej obiektu lub modelu przy XIX-wiecznym rozumieniu tego terminu. Tak pojęty model funkcjonuje nie tylko w aspekcie psychologicznym, ale i logicznym. Wskazuje bowiem, w jaki sposób układ przedmiotów symbolicznie opisany za pomocą równań zachowuje się w określonej sytuacji. Model jako możliwa interpretacja symboli równań nadaje im znaczenie, a tym samym umożliwia ich stosowanie i testyfikację. Ta interpretacja może być wyrażona bądź werbalnie, w formie dołączonego tekstu, bądź graficznie, w postaci diagramów¹⁶⁷.

Nie opowiadając się za tezami jednego czy drugiego stanowiska, warto jednak zaznaczyć, że jedne teorie zakładają, a inne nie zakładają modeli obrazowych bądź semiobrazowych. Pierwsze nazywa się reprezentującymi, drugie fenomenologicznymi (typu „czarnych skrzynek”). W obrębie teorii fenomenologicznych wyróżnia się teorie posiadające modele nieobrazowe np. teoria elektromagnetyzmu Maxwella, której model opisuje mechanizm elektromagnetycznych oddziaływań między ciałami. Model, rozumiany jako zdania interpretujące formalizm teorii, a nie jako jej pogładowa reprezentacja, nie jest przekładem jej symboli na terminy prostsze czy bardziej zrozumiałe, ale przyporządkowuje jej określoną dziedzinę rzeczywistości, do której się stosuje¹⁶⁸.

B 5) *Inne funkcje modelu*

W metateorii nauk dedukcyjnych modele pełnią funkcję kontrolną w stosunku do apragmatycznych własności systemów formalnych. Należą tu niesprzeczność, niezależność, zupełność i pełność. Ta funkcja modelu jest właściwa sensu stricto jedynie dla teorii nauk dedukcyjnych, a metodologię fizyki interesuje tylko pośrednio, o ile teorie fizykalne są budowane jako systemy dedukcyjne.

Znane twierdzenie Gödla odpowiada na pytanie o warunki istnienia modelu dla systemu aksjomatycznego. System taki posiada model, o ile jest niesprzeczny. Twierdzenie to zachodzi też w drugą stronę. Interesu-

¹⁶⁷ Radnitzky, *Contemporary...*, s. 137. Za naocznością modeli opowiadają się przedstawiciele szkoły marksistowskiej, co się tłumaczy centralną w marksistowskiej epistemologii teorią odbicia rzeczywistości materialnej w świadomości podmiotu poznania. Por. Stoff, *Modellierung...*, s. 299 nn.; H. Korch, *Zur Kritik des physikalischen Idealismus* C. F. von Weizsäcker, Berlin 1959; W. Macke, *Anschauligkeit und Abstraktion beim Erkenntnisprozess der Physik*, [W:] *Naturwissenschaft und Philosophie*; G. Harig, J. Schleifstein (eds.) Berlin 1960, s. 201—213; H. Hörz, *Zur Anschauligkeit in der Quantentheorie*, [W:] *Natur und Erkenntnis*, H. Hörz, R. Löther (eds.), Berlin 1964, s. 58—100.

¹⁶⁸ Bunge, *Philosophy...*, s. 176 n.; E. Cantore, *Atomic Order*, Cambridge (Mass.) 1969, s. 219 n.

jący w tym względzie dowód niesprzeczności systemów aksjomatycznych przeprowadza się w oparciu o interpretację. Za jej pomocą okazuje się, że dana teoria jest niesprzeczna, o ile inna teoria jest niesprzeczna. Są to tzw. dowody warunkowe, które uzależniają niesprzeczność jednej teorii od niesprzeczności innej. I tak np. F. Klein wykazał, że geometria Łobaczewskiego jest niesprzeczna, o ile niesprzeczna jest geometria euklidesowa. Stosując metodę interpretacji, zastąpił on w aksjomatach geometrii Łobaczewskiego terminy swoiście geometryczne innymi terminami również geometrycznymi. Okazało się, że zdania otrzymane z aksjomatów Łobaczewskiego, zastępując w nich w opisany sposób terminy swoiście geometryczne innymi terminami geometrycznymi, są twierdzeniami geometrii euklidesowej. Tego rodzaju warunkowy dowód niesprzeczności geometrii Łobaczewskiego jest równocześnie dowodem niezależności pewnika Euklidesa od pozostałych aksjomatów jego geometrii. Wykazuje on bowiem, że dołączając do tych aksjomatów zaprzeczenie pewnika Euklidesa nie dochodzi się do sprzeczności. Dla okazania niesprzeczności geometrii euklidesowej buduje się metodą interpretacji odpowiedni model arytmetyczny. Modele Łobaczewskiego i Bolyai okazują również zgodność aksjomatyki Euklidesa z negacją aksjomatu równoległych¹⁶⁹.

Z innych nie dyskutowanych jeszcze funkcji, typowych już dla modeli stosowanych w naukach przyrodniczych, zwrócimy uwagę na funkcję predykcyjną. Rozumie się ją jako systematyczne przewidywanie nowych zjawisk w oparciu o modele. Sporna jest sprawa prognostycznego waloru modeli analogicznych i metaforycznych. Przeciwnie stanowiska reprezentują z jednej strony Braithwaite, z drugiej zwolennicy Campbella¹⁷⁰. Mniej sporna wydaje się ta funkcja w odniesieniu do modeli teoretycznych. Pozytywny wynik konfrontacji zdań spostrzeżeńiowych ze zdaniem wyprowadzonym z takich modeli potwierdza te ostatnie. Mówimy wtedy o modelach weryfikacyjnych¹⁷¹. Negatywny wynik konfrontacji zdań spostrzeżeńiowych ze zdaniem wyprowadzonym z modeli teoretycznych finalizuje się zazwyczaj przeformulowaniem modelu teoretycznego. Zarówno eksperymentalne potwierdzenie zdań modelu teoretycznego, jak również ich modyfikacja jako następstwo negatywnego wyniku zestawienia z eksperymentem prowadzi do ubogacenia treściowej zawartości teorii¹⁷².

¹⁶⁹ Müller, *Der Modellbegriff...*, s. 162 n.; K. Ajdukiewicz, *Logika pragmatyczna*, Warszawa 1965, s. 204—217; Dąbbska, *Dwa studia...*, s. 29 n.; Stoff, *Modellierung...*, 203—206.

¹⁷⁰ M. Hesse, *Induction and Theory Structure*, „Rev. Metaph.”, 18 (1964) 119; *The Encyclopedia...*, s. 357; Stoff, *Modellierung...*, s. 89, 158.

¹⁷¹ Stachowiak, *Gedanken...*, s. 463.

¹⁷² R. Dubin, *Theory Building*, New York 1969, s. 223, 225, 234, 242.

C) PODZIAŁ MODELI

Przedstawione w punkcie (A) i (B) typy modeli w aspekcie cech tak strukturalnych, jak i funkcjonalnych pozwoliły zorientować się w wielorakiej ich różnorodności. Należy też dodać, że nie jest to wyczerpująca lista modeli czy pełna ich charakterystyka. Pewnego rodzaju dopełnieniem przeprowadzonych rozważań niech będzie próba uszeregowania różnych rodzajów modeli. Trudno w tym przypadku mówić o wyczerpującym podziale, klasyfikacji, typologii czy chociażby o dokładnie wyróżnionych podstawach podziału, czy o wyraźnie określonych wzorcach. W przypadku typologicznego uszeregowania modeli dałoby się niektóre z nich pogrupować na zasadzie mniejszego lub większego podobieństwa do modeli substytutowych bądź wyidealizowanych, egzemplarno-imaginarnych, bądź analogicznych i teoretycznych. Gdy mamy na uwadze podziały modeli, to wskażemy pewną próbę, która mogłaby ewentualnie posłużyć jako punkt wyjścia do osobnych na ten temat rozważań¹⁷³. Należy jeszcze zaznaczyć, że dotychczas brak ogólnie przyjętego podziału modeli. W podanym podziale niektóre nazwy modeli powtórzą się, kontekst jednak zdeterminuje ich zawartość treściową. W niektórych przypadkach brak rozłączności.

1° Ze względu na sposób budowania modelu (forma) wyróżnia się modele materialne (realne) oraz idealne (wyobrażeniowe, myślowe). Materialne są bądź naturalne, bądź skonstruowane. Jedne i drugie są albo statyczne, albo dynamiczne. W obrębie modeli idealnych wyróżniamy modele perceptywne (poglądowe, ikoniczne) oraz kognitywne (symboliczne).

2° Ze względu na odwzorowany fragment rzeczywistości wyróżniamy modele strukturalne i funkcjonalne. Jedne i drugie mogą być modelami części lub całości (układu) bądź też modelami układów deterministycznych lub stochastycznych.

3° Ze względu na sposób odwzorowania rzeczywistości wyróżniamy modele analogiczne, homomorficzne i izomorficzne.

4° Ze względu na dział wiedzy, w której są stosowane, wyróżnia się modele teoretyczne (stosowane np. w takich naukach, jak fizyka, chemia, biologia czy matematyka) oraz techniczne (stosowane w naukach politechnicznych).

5° Ze względu na stopień odwzorowania prototypu wyróżnia się modele skali: prawdziwe i adekwatne.

6° Ze względu na zrelatywizowanie do teorii wyróżniamy modele nieteoretyczne oraz teoretyczne. Modelem nieteoretycznym w tym kontekście będzie np. aparatura przełączająca prądu elektrycznego, jako fi-

¹⁷³ Achinstein, *Concepts...*, s. 203—258; Bunge, *Scientific...*, t. 3/1, s. 420 nn.

zyczny analogon rachunku zdań. Modele teoretyczne stanowią interpretację abstrakcyjnej teorii. Wyróżnia się interpretację pojęciową (np. arytmetyczna interpretacja teorii grup), faktualną (fizykalna interpretacja geometrii Euklidesa) oraz mieszaną, czyli częściową.

BEGRIFF UND FUNKTION EINES MODELLS

Zusammenfassung

In der Abhandlung wird eine selektive Charakteristik von Typen und Funktionen der Modelle dargestellt, die in den Naturwissenschaften, besonders in der Physik angewandt und mehr repräsentativ sind.

Im ersten Teil enthält der Beitrag eine Besprechung analogischer, gedanklicher, beschreibender, mechanischer und theoretischer Modelle. Da die von einem neopositivistischen Profil Theoretiker des Naturwissenschaftskreises, haben, im Grunde genommen, die These von Suppes zum Grundsatz gemacht, dass in den Naturwissenschaften derselbe Begriff eines Modells ist, wie in der Mathematik, ist die besondere Aufmerksamkeit auf die letzten gelenkt worden. Unterschiede sind nur in der Gebrauchseinweisung dieses Begriffs zu suchen. Diese Stellung erleutend, sind die Naturwissenschaftstheorien in syntaktischen und semantischem Aspekt analysiert, und die spezifischen Merkmale der Modelle solcher Theorien dargestellt worden. Solches Spezifikum kommt besonders beim Interpretationsproblem der axiomatisierten Naturwissenschaftstheorien heraus. Es wurden verschiedene Formen einer empirischen Interpretation, ihre Bedingungen und Differenzmerkmale im Verhältnis zu einer semantischen Interpretation, dargestellt. Besonders diskutabel ist die empirische, partielle Interpretation. Deshalb sind auch die sehr kontroversen Punkte dieser Interpretation auseinandergesetzt, ohne jedoch einen Standpunkt zu irgendwelchen von dargestellten Stellungen eingenommen zu haben.

Es kommt heraus, dass für den Bedarf der Naturwissenschaftstheorien, eine syntaktisch-semantische Charakteristik, ungenügend ist. Ergänzende Rolle sollen in dieser Beziehung die Analysen der Funktionen spielen, welche die Modelle in einer wissenschaftlichen Forschung haben. Deshalb spricht der zweite Teil der Abhandlung über die Aufgabe der Funktionen eines Modells, die für die deduktiven — und Naturwissenschaften geeignet sind. Die Modellen üben in der Metatheorie der deduktiven Wissenschaften, im Verhältnis zu den apragmatischen Eigenschaften der formalen Systeme denen die Widerspruchsfreiheit, die Selbstständigkeit, die Vollständigkeit und die Vollheit angehören, eine kontrollierende Funktion aus. In der Methodologie der Naturwissenschaften, wird ausserdem die systematisierende (erklärende, prediktive), heuristische, repräsentierende, psychologische und die verifizierende Funktion analysiert.

Im letzten Teil dieser Abhandlung wurde ein Versuch über die Teilung verschiedener Gattungen der Modelle angestellt. Die Teilung ist von verschieden, obwohl übereinstimmenden Standpunkten aus gemacht worden.