

TOMASZ MICHNIOWSKI  
Lublin

## SCHEMATY BADAWCZE W KONSTRUOWANIU MODELI WSZECHŚWIATA

### I

W ostatnich dziesięcioleciach rozwój nauk przyrodniczych, zwłaszcza fizyki, następuje gwałtowniej niż kiedykolwiek w historii. Jest kilka przyczyn takiego stanu rzeczy. Między innymi należą do nich: wynalezienie i szerokie zastosowanie szybkich komputerów, natychmiastowy i globalny przekaz informacji, permanentna łączność pomiędzy ośrodkami naukowymi, przekroczenie progów technologicznych nieosiągalnych jeszcze w niedawnym czasie, wielkie nakłady finansowe na badania, współpraca grup i ośrodków naukowych, korelacja programów badań i inne. Jednocześnie następuje ewolucja poszczególnych dziedzin i dyscyplin pod kątem metod badawczych i stosowanych narzędzi formalnych. Wobec nakładania się zakresów badań różnych dyscyplin, coraz wyraźniejsza jest tendencja do ich unifikacji<sup>1</sup>. Wszystkie te okoliczności sprzyjają postępowi badań naukowych.

Zarazem jednak coraz wyraźniej widoczne są pewne ograniczenia, jakim podlega dalszy rozwój odkryć. Badane fakty fizyczne swą skalą i zasięgiem występowania dawno wyszły poza ściany laboratoriów. Obecnie areną większości testowanych zjawisk jest bądź to Kosmos w całości (lub znacznym obszarze), bądź mikroświat. Rządzące tam prawa mają zwykle postać daleką od znanej z doświadczeń codziennych. Tym trudniejsza jest zatem ocena prawomocności dokonywanych założeń i następująca w kolejności weryfikacja wniosków. Fakty spoza chwilowych granic nauki odkrywane w procesie badawczym mogą nie znajdować się (i zwykle tak jest) w „miejscach”, które o to podejrzewamy. Fakty te są bowiem związane z opisami (modelami) świata bogatszymi

---

<sup>1</sup> Na przykład fizyka atomu i chemia kwantowa.

od aktualnie posiadanych. Ich odkrycie i zrozumienie jest więc często sprawą intuicji i korzystnego splotu zdarzeń.

W kontekście tych trudności oczywiste są próby znalezienia metod i sposobów, które mogłyby zmienić sytuację. Niniejszy artykuł dotyczy jednej z takich prób. Wywodzi się ona z metodologicznej refleksji nad stosowanym w naukach przyrodniczych sposobem prowadzenia badań i dotyczy pewnej modyfikacji tradycyjnie obowiązującego w tych badaniach toku postępowania. Omawiana procedura nosi w tekście roboczą nazwę schematu badawczego. Wyróżnienie jej struktury wewnętrznej i wprowadzone nazewnictwo osadzone jest w badawczym kontekście odkrycia-uzasadnienia. Procedura ta została zastosowana z powodzeniem w rozważaniu niektórych zagadnień kosmologii teoretycznej. Wnioski wypływające z jej wykorzystania wydają się być godne uwagi i prezentacji. Być może doświadczenie schematów badawczych okaże się w przyszłości pomocne w wyznaczaniu nowych kierunków i metod rozwoju w naukach przyrodniczych.

## II

W badaniach naukowych (w naukach przyrodniczych) dąży się do opisanego spójną, zgodną<sup>2</sup> teorią zjawisk związanych z określonym obszarem świata fizycznego. Postępowanie takie jest możliwe dzięki pewnym bardzo szczególnym własnościom rzeczywistości. Przyroda jest bowiem, jak wierzymy, matematyczna (Einstein mawiał: niezłośliwa) oraz idealizowalna<sup>3</sup>. Oznacza to, że zjawiska fizyczne są opisywalne matematycznie, oraz że zjawiska te można rozpatrywać w oderwaniu od towarzyszących im elementów o pomniejszonym lub nieistotnym w danej chwili znaczeniu<sup>4</sup>. W efekcie, fizyka i inne nauki przyrodnicze nie badają zjawisk świata fizycznego, lecz ich wyidealizowane modele. Moment, w którym zdano sobie z tego sprawę<sup>5</sup>, był początkiem gwałtownego rozkwitu osiągnięć w tych dziedzinach.

---

<sup>2</sup> To znaczy taką, z której po odpowiednim wzmocnieniu warunków brzegowych, uzyskuje się teorię wcześniejszą. Mówi się, że „stara” teoria powinna „siedzieć” w teorii „nowej”.

<sup>3</sup> Szersze omówienia i klasyfikację tych pojęć zawierają np. (8, 9).

<sup>4</sup> Dzięki temu można mówić o „układach izolowanych”, „ruchach bez tarcia”, „zjawiskach niezależnych” itd.

<sup>5</sup> Arystoteles na przykład sformułował prawa swej dynamiki w sposób niepoprawny, gdyż nie potrafił oddzielić w opisie fizycznym czynników istotnych od nieistotnych. W ten sposób, nie dokonawszy oddzielenia wpływu zjawiska tarcia na przebieg ruchu, uzyskał jako II zasadę dynamiki – prawo Stokesa.

Idealizacja, polegająca na wybraniu ze zbioru obserwowanych faktów fizycznych jedynie tych, które w istotny sposób decydują o przebiegu zjawisk, prowadzi do modeli symulujących określone fragmenty rzeczywistości. Modele te, dzięki ich względnej prostocie, daje się łatwo badać. Zarazem, własność idealizowalności przyrody sprawia, że modele zachowują się podobnie do świata, który modelują. Pominięcie w modelu wielu elementów istniejących w rzeczywistości nie wpływa bowiem na jego stabilność<sup>6</sup>.

Proces tworzenia modeli nie ogranicza się jedynie do idealizacji. Własność matematyczności przyrody umożliwia bowiem przyporządkowanie faktom fizycznym określonych obiektów matematycznych. Obiekty te i łączące je związki matematyczne, wraz ze zbiorem warunków (brzegowych) określających zakres stosowalności opisu (dziedzinę) stanowią matematyczny odpowiednik pierwotnej idealizacji wybranego fragmentu rzeczywistości i nazywają się matematycznymi modelami świata fizycznego (por. 11) lub po prostu modelami. Taką konstrukcją jest między innymi standardowy model kosmologiczny.

Tworzenie modeli ma kapitalne znaczenie dla rozwoju nauk przyrodniczych. Na ich gruncie możliwe są bowiem operacje formalne odpowiadające, jeśli model jest skonstruowany poprawnie, konkretnym zjawiskom fizycznym. Na przykład specyficzna ewolucja obiektów geometrycznych, zwanych tensorem Weila oraz tensorem Ricci'ego, które wchodzi w skład modelującego przestrzeń Wszechświata tensora Riemanna, odpowiada kolapsowi fizycznej masy i jej przejściu do stanu osobliwego (np. czarnej dziury). Formułowanie teorii fizycznych określonych fragmentów rzeczywistości polega w dużej mierze na określeniu wzajemnej odpowiedniości poszczególnych elementów modelu i zjawisk świata fizycznego. W przywołanym przykładzie uzgodnienie to dotyczy zmian postaci poszczególnych części tensora Riemanna (czyli ewolucji geometrycznej krzywizny i kształtu modelu przestrzeni) oraz wzrostu grawitacji powodującego zapadanie się fizycznej masy do punktu.

Jeśli zatem uda się wskazać odpowiednie związki pomiędzy faktami obserwacyjnymi i elementami modelu oraz ustalić ich jednoznaczność i zgodność, wówczas dość bezpiecznie można będzie dokonywać operacji (obliczeń) w obrębie modelu i oczekiwać, że ich wynikiem towarzyszyć będą kolejne fakty fizyczne, weryfikowalne doświadczalnie. Teorie opisujące dany wycinek rzeczywistości, po pozytywnym zweryfikowaniu, wchodzi w skład stanu posiadania

---

<sup>6</sup> Oczywiście tylko do pewnych granic. Pominięcie w procesie idealizacji czynników istotnych (wnoszących znaczące wkłady do zjawisk) rujnuje model. Symuluje on wówczas nieistniejącą rzeczywistość (por. 10). Istotny wpływ na ewolucję modelu mają natomiast wartości jego parametrów. Niewielkie ich zmiany mogą prowadzić do całkiem odmiennych opisów (zob. (18, 19)). Zagadnienie to należy do fizyki chaosu.

nauki i są podstawą do stwierdzenia, że rozumiemy zachowanie się badanego obszaru.

Okres satysfakcji po sformułowaniu poprawnej teorii nie trwa zwykle długo, bowiem wysiłki badaczy prowadzą rychło do odkrycia, zwykle przypadkowego, faktów niewyjaśnialnych na gruncie posiadanej teorii. Okazuje się wówczas, że model nie posiada elementów odpowiadających nowoodkrytym zjawiskom, zatem nie tłumaczy ich mechanizmu. Należy wówczas, uwzględniając zaktualizowany zbiór faktów obserwacyjnych, przystąpić do budowy nowego, bardziej subtelного modelu badanej rzeczywistości. Model ten, jak wskazano wcześniej, będzie musiał zachować zgodność ze swymi poprzednikami. Jeśli to się powiedzie, będzie można przystąpić do formułowania na jego gruncie aktualnej teorii zjawisk, a następnie do jej weryfikacji doświadczalnej.

W poznawczym kontekście odkrycia-uzasadnienia, wyróżnić można zatem pewien ciąg czynności (heurystykę) związany z powstawaniem teorii danej grupy zjawisk. Przedstawia się on następująco:

- a) zbiór określonych faktów fizycznych zostaje uznany za związany istotnie z badanym fragmentem rzeczywistości,
- b) znajdowane są matematyczne odpowiedniki faktów fizycznych,
- c) decyduje się sposób osadzenia wyróżnionych obiektów matematycznych w strukturze matematycznej,
- d) w obrębie modelu wykonywane są przekształcenia i rachunki,
- e) obiektom i związkom tej struktury przyporządkowywane są znaczenia werbalne odnoszące się do zjawisk fizycznych (formułowanie teorii),
- f) prognozy teorii uwiarygadniane są na drodze doświadczalnej.

Procedura powyższa stosowana jest z powodzeniem od czasów Newtona i Galileusza. Jej sukcesy są oczywiste. Heurystyka ta umożliwia kreowanie spójnych i jednoznacznych opisów matematycznych w obrębie jednolitej i zgodnej teorii. Jest to warunkiem nieodzownym rozumienia przebiegu zjawisk. Szczególnie wyraźnie widoczne jest to w badaniach prowadzonych we wszystkich dziedzinach fizyki.

### III

Podczas realizacji przedstawionej w poprzednim paragrafie procedury konieczne jest dokonywanie licznych założeń. Ocena ich prawomocności jest często trudna albo wręcz niemożliwa<sup>7</sup>. Równie często założenia te mają charakter „niemy”. Wynikają one bowiem z wcześniejszej, nie zawsze adekwatnej,

---

<sup>7</sup> O trudnościach z tym związanych pisali np. Ellis <2>, Heller <3> i autor <1, 4>.

wiedzy badacza, który odruchowo i nieświadomie „wkłada” je w konstruowany model. Może to w konsekwencji stanowić o późniejszych trudnościach teorii.

W tej sytuacji bardzo pożądane byłoby znalezienie ogólnej procedury umożliwiającej w procesie badawczym permanentną weryfikację elementów modelu, najlepiej powiązaną z jednoczesną ich dyskusją. Pozwoliłoby to na uniknięcie zagrożeń związanych z nieświadomą ekstrapolacją założeń. Zarazem możliwa byłaby natychmiastowa ich dyskusja i ewentualne osłabienie.

Krokiem w kierunku realizacji tego postulatu mogą być schematy badawcze stosowane w kosmologii teoretycznej. W odróżnieniu od tradycyjnych heurystyk (przedstawionych w poprzednim paragrafie), postulują one przeprowadzenie w procesie badawczym, w co najmniej kilku miejscach, refleksji natury metodologicznej, umożliwiającej kontrolę i weryfikację założeń modelu.

Wizualnie schemat taki przypomina przedstawioną już listę czynności związanych z prowadzeniem badań. Zasadnicza różnica polega na dołączeniu listy poleceń wykonania odpowiednich weryfikacji i autokorekt, „równoległych” (tzw. nić poboczna) w stosunku do znanego schematu czynności (nić główna). Bieżący wynik tych testów musiałby być uwzględniany w kolejnym kroku czynności wzdłuż nici głównej. Same testy są w tej sytuacji natury metodologicznej.

Schemat badawczy składa się więc z listy czynności związanych z tworzeniem modelu matematycznego (zamiennie zwanego nicią główną schematu) oraz ściśle z nim związanego schematu korekty (zwanego nicią poboczną), realizowanego opcjonalnie. Narzędzia nici głównej należą do dyscypliny, w której prace badawcze są prowadzone, zaś narzędzia wykorzystywane podczas uaktywniania elementów nici pobocznej pochodzą z dorobku metodologii. Chodzi o to, by konstruowanie modelu matematycznego badanego fragmentu rzeczywistości przebiegało pod permanentną kontrolą metodologiczną i, w razie stwierdzenia nieścisłości ujęć, możliwa była bieżąca poprawka do schematu nici głównej. Poprawka taka może wiązać się bądź jedynie z uwzględnieniem w dalszym postępowaniu faktu zaistnienia niejednoznaczności, bądź z próbą uogólnienia dziedziny modelu na obszar wykrytej nieścisłości. Korekta taka eliminuje ewidentne omyłki, poszerza zasięg modelu (większa liczba faktów objętych opisem), poprawia jego subtelność (zjawiska, których dotyczy, uwzględnione są w sposób bardziej szczegółowy i kontekstowy) i uświadamia zakres i charakter jego ograniczoności. Dzięki temu refleksja, jakiej dokonuje się nad modelem w kolejnym kroku na nici głównej, odbywa się w bardziej komfortowych warunkach, ujawnione zostają ewentualne nowe kierunki możliwych ujęć, a nieścisłości interpretacji na poszczególnych etapach nie sumują się. Maleje też ryzyko dokonania mylnej interpretacji elementów modelu matematycznego podczas jego korelowania ze zbiorem znanych bądź oczekiwanych faktów fizycznych (znajdywania obserwabli).

O ile realizacja nici głównej umożliwi skonstruowanie modelu i sformułowanie teorii fizycznej, a dokonana *post factum* analiza metodologiczna pozwala w pewnym zakresie uwiarygodnić treść dokonań, o tyle złączenie obu nici w schemacie badawczym, prowadzi do powstania mechanizmu posiadającego cechy samodoskonalenia. Jego działanie trwa do chwili osiągnięcia maksymalnego możliwego zasięgu opisowego oraz ostatecznego wysycenia różnorodności ideowej. Konstruowanie modelu ustaje więc dopiero w momencie, gdy kolejne refleksje metodologiczne nie wnoszą nic nowego, a wszystkie elementy nici głównej zostały w pełni zrealizowane.

Cały ten proces musi oczywiście stale pozostawać pod kontrolą badacza. Nie ma co liczyć w drodze realizacji schematów badawczych na stworzenie jakiejś uniwersalnej „maszynki do produkcji modeli”, do której z jednej strony wrzuca się produkty w postaci faktów fizycznych podejrzanych o pozostawanie w jakimś wzajemnym związku, a z drugiej wyskakuje gotowy i jeszcze ciepłutki model matematyczny, najlepiej z całą opartą na nim teorią. Algorytmizacja procesu poznania nie wydaje się być możliwa ani obecnie, ani w przewidywalnej przyszłości. Tylko człowiek decydować może o momencie wykonania konkretnych operacji logicznych, doborze technik i narzędzi ich wykonania, zasięgu dyskusji. Również tylko on jest w stanie przesiać rezultaty tych działań i oddzielić materiał wielkiej doniosłości od całkowicie bezwartościowego. Rzeczą podlegającą jego decyzji jest również sposób i zakres wykorzystania dorobku swych badań. Omyłka lub choćby mała bieguność w tym zakresie może prowadzić do uwikłania modelu w niekończące się analizy metodologiczne i ostateczne jego skomplikowanie poza granice realnego zastosowania. Schematy badawcze nie mają zastąpić człowieka w pracy, lecz jedynie stanowić dlań pomoc w działaniach, nie zwalniając go z obowiązku myślenia.

Jak wspomniano, heurystyki badawcze (nić główna) stosowane są z wielkim powodzeniem od czasów Newtona. Od tego czasu datuje się również lawinowy postęp w naukach przyrodniczych. Przestrzeganie recepty postępowania w pracach badawczych (świadome lub czysto nawykowe) jest ściśle i stanowi miarę oceny poprawności dokonywanych odkryć, a doświadczenie potwierdza skuteczność przyjętej metody. Wszystko to świadczy o tym, że taka konstrukcja jak schemat badawczy, zrodzona w drodze wielowiekowego mieszania się prób, błędów, intuicji i autoweryfikacji, może mieć poważne znaczenie dla przyszłych badań naukowych.

Jak już wspomniano, tradycyjny schemat badań (heurystyka) jest obecnie mało skuteczny. Poszczególne dyscypliny realizują zadania o charakterze i zasięgu bardzo odległym od problemów, z którymi borykano się jeszcze choćby pół wieku temu. Dla realizacji zadań badawczych potrzeba danych niedostępnych bezpośrednim obserwacjom. Nakłady finansowe na aparaturę zaczynają

wykraczać poza możliwości nawet najbogatszych państw. Ponadto badań dokonuje się na obszarach dalekich (w sensie dosłownym i w przenośni – odległy Kosmos, wewnątrz atomu, struktura próżni itd.) od znanych z powszechnych doświadczeń. Generalnie obowiązuje tam inna logika zjawisk, zawodzą naturalne intuicje, często brak jest pomysłów co do tego, czego właściwie należy szukać. Na empiryczne potwierdzenie niektórych predykcji czeka się latami, a niektóre fakty pojawiają się przypadkiem, przy okazji innych badań. Schematy badawcze są próbą świadomego spojrzenia na ten poznawczy fenomen i zarazem jego rozwinięcia.

#### IV

Pierwszy znany autorowi niniejszej pracy schemat badawczy, który został świadomie wykorzystany do analizy i korekty teorii naukowej pochodzi z 1966 r.<sup>8</sup> Wtedy, i w roku następnym, opublikowane zostały prace Hellera (13) i (14) dotyczące potencjalnych sposobów usuwania trudności kosmologicznego modelu standardowego (por. 1 i 4). Pomysł nosił nazwę „modeli seryjnych” i powstał z wykorzystaniem świadomie po temu skonstruowanego prostego schematu badawczego. Autor koncepcji, rozumiejąc charakter ograniczeń teorii Wielkiego Wybuchu, zdecydował się na dokonanie częściowej analizy metodologicznej niektórych elementów modelu w nadziei na znalezienie sugestii w kwestii usubtelnienia jego matematycznej struktury. Oczekiwał, iż „poprawiony” model zdoła sprostać złożoności takich faktów obserwacyjnych, jak problem horyzontu czy problem płaskości. Schemat badawczy, którym się posłużył do konstruowania modelu seryjnego, miał (w dzisiejszej stylizacji) postać jak poniżej.

#### Schemat badawczy modeli seryjnych

##### Nić główna

- a) ukazać kompletną strukturę modelu
- b) zlokalizować w strukturze modelu wszystkie założenia „nieme” i nieprawomocne

##### Nić poboczna

- a') znaleźć wszystkie założenia modelu
- b') ocenić prawomocność tych założeń

---

<sup>8</sup> Być może istniały próby wcześniejsze, szczególnie w dyscyplinach przyrodniczych nie związanych z szeroko pojętą fizyką. Autor nie zna jednak odpowiedniej literatury w stopniu dostatecznym, by móc wypowiedzieć się w tej kwestii.

- |  |  |
|--|--|
|  | c') przedyskutować formalną możliwość korekty tych założeń |
| c) przedyskutować konsekwencje ewentualnych korekt założeń dla teorii Big Bang-u |  |
| d) dokonać korekty założeń   | d') przyjąć kryterium i zakres korekty                     |
| e) dostosować teorię do zmienionego modelu                                       |  |
|  | e') ocenić implikacje zmian                                |

Wynik analizy przeprowadzonej w ten sposób był zaskakująco optymistyczny. Pomimo iż w schemacie uwzględniono jedynie ograniczony zakres zastosowań dla narzędzi metodologicznych i działanie ich ograniczono do jednego tylko elementu modelu (założenia), natychmiast ujawniono „nieme” założenie wyłączości i dopuściwszy jego nieznaczne tylko osłabienie (chwilowe zaburzenia niegrawitacyjnej natury), uzyskano wyjaśnienie powodów pojawienia się problemów horyzontu i płaskości. Tak więc korzyści z zastosowania schematu badawczego były ewidentne:

- uświadomienie klasycznego determinizmu ograniczającego relatywistyczny model,
- określenie sposobów jego usunięcia,
- sugestia co do kierunku, w którym należy zintensyfikować badania dla znalezienia mechanizmów kosmicznych usprawiedliwiających odkryte, a dotychczas niewyjaśnione fakty obserwacyjne,
- sugestia co do natury i działania tych mechanizmów.

Jest to bardzo wiele, jak na pierwszą przysmiarkę do zagadnienia, a znaczenie odkrycia wzrasta w porównaniu z nikłym podówczas postępowaniem badań prowadzonych w tym zakresie w sposób tradycyjny.

Metody tradycyjne przyniosły ostatecznie jakiś ratunek modelowi standardowemu. Były nim popularne w latach osiemdziesiątych teorie inflacyjne (5, por. 6, 7). Jak pokazano w (4), inflacje są prostymi modelami seryjnymi. Okazało się, że „ręczne” próby wzbogacania modelu standardowego są nieporównanie bardziej żmudne i prowadzą do jednostkowych i ubogich opisów, które niesłychanie trudno uogólniać. Tezę tę potwierdza fakt licznych i ostatecznie nierozwiązanych kłopotów z inflacjami (por. 6).

Zrozumienie powodów, dla których inflacje „nie chcą” być dostatecznie uniwersalne w opisie faktów obserwacyjnych dokonuje się natychmiast w wyniku analizy zagadnienia opartej na schemacie badawczym jak poniżej<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Został on wykorzystany w pracy (4).



Schemat badawczy porównania koncepcji seryjnej  
z modelami inflacyjnymi

Nić główna

- a) przedstawić strukturę modelu standardowego
- b) zestawić listę problemów modelu standardowego
- c) przedstawić to, co wiadomo na temat sposobów rozwiązywania problemów<sup>10</sup> modelu standardowego
- d) przedstawić sposób osadzenia mechanizmu inflacyjnego w strukturze modelu standardowego

- e) zrekonstruować sposób przechodzenia od modelu standardowego do seryjnego

- f) porównać działanie modelu inflacyjnego i seryjnego

Nić poboczna

- a') znaleźć założenia modelu inflacyjnego
- b') przedyskutować zgodność założeń inflacji z krokiem c) nici głównej

- c') przedstawić założenia modelu seryjnego
- d') dokonać porównania założeń modeli seryjnych i inflacji
- e') dokonać porównania zmian, jakie trzeba poczynić w modelu standardowym, aby przejść odpowiednio do modelu seryjnego lub inflacyjnego

- f') ocenić implikacje zmian wprowadzanych do modelu standardowego odpowiednio w obu przypadkach

Zastosowanie powyższego schematu pozwoliło stwierdzić, że inflacje są modelami seryjnymi o bardzo małym stopniu subtelności. Niemożność rozwiązania za ich pomocą wszystkich problemów teorii Wielkiego Wybuchu jest w tym świetle oczywista i wynika z nadmiernej prostoty ideowej (pomimo zaawansowanego aparatu matematycznego) modelu. Inflacje, konstruowane w sposób tradycyjny, wprowadzają poprawkę do konstrukcji modelu standardowego, lecz nie jest ona dostatecznie subtelna. W efekcie predykcje tak poprawionego modelu nie w pełni weryfikują się obserwacyjnie, a niektóre z jego elementów stają się samosprzeczne. Mimo tego przyznać należy, że do skonstruowania

---

<sup>10</sup> Tu wykorzystano m.in. wnioski uzyskane w wyniku zastosowania schematu badawczego modeli seryjnych.

modelu inflacyjnego w sposób tradycyjny, niezbędny był geniusz prawdziwie wielkiego fizyka, jakim okazał się być Guth. Ta sama procedura przebiegająca z wykorzystaniem schematu badawczego modeli seryjnych, prowadzi do wniosków nieporównanie ogólniejszych i to w sposób niejako naturalny, bez konieczności czynienia „ręcznych” ingerencji w strukturze posiadanej teorii. Ponadto w drugim przypadku odkrycie dokonano się o całą naukową epokę wcześniej (15 lat!), w czasach, gdy nie istniały teorie unifikacji, które wykorzystuje się do opisu mechanizmów inflacyjnych.

Niezależnie od korzyści, jakie stosowanie schematów badawczych może wnieść do dyscyplin przyrodniczych, osobnym dorobkiem tych zastosowań są praktyczne efekty natury metodologicznej. Na przykład zastosowanie schematu porównania koncepcji seryjnej z inflacjami wykazało, że porównania takie są możliwe nawet w wypadku teorii opartych na różnych formalizmach i związanych z różnym aparatem matematycznym i językowym. Należy sądzić, że znajomość koncepcji modeli seryjnych znacznie przyspieszyłaby i ułatwiła prace nad modelami seryjnymi. Niestety, Guth i kontynuatorzy nie znali teorii seryjnej i, co więcej, znać raczej nie mogli ze względu na różnice formalne obu opisów. Ewentualne skojarzenie obu teorii mogłoby mieć jedynie charakter przypadkowy. Porównanie takie dokonało się dopiero z użyciem schematu badawczego, niestety, *post factum* w stosunku do roli, jaką mogłoby odegrać<sup>11</sup>.

Wiarygodność schematów badawczych podnosi dodatkowo powtarzalność ich stosowania. Przytoczony schemat Hellera z lat sześćdziesiątych został wykorzystany ponownie kilkanaście lat później do przeprowadzenia podobnej jak poprzednio analizy modelu standardowego, lecz w odniesieniu do innego z wykrytych za pierwszym razem założeń „niemych”. W tym wypadku (zob. 15, 16) dyskusji i korekcie (elementy schematu od c' do końca) poddano założenie postaci równania stanu materii kosmicznej. W efekcie otrzymano bardzo interesujące rozwiązania ewolucyjne tak uogólnionego modelu Wielkiego Wybuchu (zwane modelami stochastycznymi), dopuszczające szeroki przedział ewolucji kosmicznych, lokalnie friedmannowskich, lecz nie zdeterminowanych globalnie na sposób dotychczasowy. Stanowi to o istotnie różnej od oferowanych przez modele seryjne możliwości interpretowania odkrywanych w obserwatoriach faktów fizycznych. Modele stochastyczne nie posiadają dotychczas teorii analogicznej, jaką wobec modeli seryjnych jest koncepcja inflacyjna.

Przytoczone przykłady schematów badawczych dotyczą refleksji nad istniejącymi teoriami. Nieznaczące uogólnienie, polegające na włączeniu do nich nici tradycyjnej heurystyki, prowadzi je do postaci ogólnego schematu badań naukowych. Czy i na ile może on być wykorzystany w przyszłości do prac związa-

---

<sup>11</sup> Porównanie miało miejsce dopiero w 1993 roku (zob. 4).

nych ze zgłębianiem dalszych obszarów naszej niewiedzy, pokaże praktyka. Obecnie można jednak sądzić, że dzięki odkryciom takim, jak na przykład zagadnienie schematów badawczych, istnieje nadzieja na istotny postęp w rozumieniu i uprawianiu kosmologii i nauk przyrodniczych w ogóle.

## V

W niniejszym artykule zarysowano interesujące zagadnienie schematów badawczych. Poważne kłopoty, jakie w ostatnich latach związane są z postępowaniem prac badawczych w naukach przyrodniczych, stanowią silny bodziec ku szukaniu zupełnie nietradycyjnych dróg wyjścia z impasu<sup>12</sup>. Dotychczasowe osiągnięcia dają wymierną nadzieję na sukces w tym zakresie.

Schematy badawcze, które wyrosły z potrzeby uogólnienia tradycyjnych i sprawdzonych heurystyk, mogą odegrać znaczącą rolę na tym polu. Ich elementy dostrzegalne są w rozumowaniach dotyczących odkryć poprzedniej epoki. Wydaje się, że już Gamow, Dirac, Bondi czy Sciama intuicyjnie odwoływali się do metod związanych ze stosowaniem schematów badawczych. Obecnie zwolennikami tak „globalnie” uprawianej nauki są na przykład Hawking, Penrose, Ellis, Davies, Barrow czy Tipler. Oczywiście zakres i stylizacja ich ujęć są różne, gdyż nie istnieje dotychczas jednolite opracowanie tematu. Zagadnienie jest obecnie *in statu nascendi* i chyba jakiś czas jeszcze takim pozostanie.

Przykłady schematów badawczych i kwestii z nimi związanych zostały w niniejszym artykule zaczerpnięte z prekursorskich, zarazem bardzo porządnych, prac Hellera oraz związanych z nimi opracowań autora. Stosowane nazewnictwo jest po części wzięte z tych pozycji, po części zaś było wprowadzane na bieżąco, w zależności od potrzeb. Autor ma nadzieję, że nie nasuwa ono mylnych skojarzeń i nie komplikuje zagadnienia bardziej niż to konieczne.

Trwający nieprzerwanie rozwój nauki prowadzi do coraz głębszego rozumienia świata. Żadne z odkryć nie jest bezwartościowe. Dotychczasowe doświadczenia dają nadzieję, że badania, tak przedstawione, także wniosą swój, może niemały, wkład do dzieła Poznania.

---

<sup>12</sup> Wiele cennych obserwacji dotyczących tych zagadnień zawierają np. (12, 17).

## BIBLIOGRAFIA

1. M i c h n i o w s k i T.: Konstruowanie modeli w kosmologii, „Roczniki Filozoficzne”, 43(1995), z. 3, s. 75-87.
2. E l l i s G. F. R.: Cosmology and verifiability, Q.Jr. of Roy.Astr.Soc., 16(1975), 245-264.
3. H e l l e r M.: Konstrukcja relatywistycznego modelu Wszechświata, „Postępy Astronomii”, 19(1971), z. 1, s. 45-55.
4. M i c h n i o w s k i T.: Wszechświaty inflacyjne w świetle koncepcji modeli seryjnych, Lublin 1993, RW KUL.
5. G u t h A.: Inflationary Universe. A possible solution to the horizon and flatness problem, „Phys. Rev.”, 23(1981), z. 2, s. 247 nn.
6. M i c h n i o w s k i T.: Zarys historii modelu inflacyjnego w: Kosmos i filozofia, Kraków 1994, OBI.
7. S o k o ł o w s k i L.: Inflacja Wszechświata, „Postępy Fizyki” 36(1985), z. 3, s. 199-224.
8. H e l l e r M.: Szczęście w przestrzeniach Banacha, Kraków 1995, Znak.
9. H e l l e r M.: Matematyczność przyrody, Kraków 1992, OBI.
10. S z y d ł o w s k i M.: Filozoficzne aspekty pojęcia stabilności, „Analecta Cracoviensia”, 15(1983), s. 13-24.
11. H e l l e r M., L u b a ń s k i M., Ś l a g a S z.: Zagadnienia filozoficzne współczesnej nauki: wstęp do filozofii przyrody, Warszawa 1992, ATK.
12. B a r r o w J. D.: Teorie wszystkiego, Kraków 1995, Znak.
13. H e l l e r M.: Koncepcja seryjnych modeli Wszechświata i jej filozoficzne implikacje, Lublin 1966, RW KUL.
14. H e l l e r M.: Seryjne modele Wszechświata, „Roczniki Filozoficzne” 15(1967), z. 3, s. 73-88.
15. G r u s z c z a k J., H e l l e r M., S z y d ł o w s k i M.: The Universe as a stochastic process, Phys.Lett.A 100(1984), 2, s. 82-84.
16. G r u s z c z a k J., H e l l e r M., S z y d ł o w s k i M.: Singularities in a stochastically predictable universe. Phys.Lett.A 100(1984), 1-2, s. 13-16.
17. P e n r o s e R.: Nowy umysł cesarza, Warszawa 1995.
18. S c h u s t e r H. G.: Chaos deterministyczny, Warszawa 1995, PWN.
19. G l e i c k Ch.: Chaos, Warszawa 1995.

## BASIC RESEARCH SCHEMES IN CONSTRUCTING THE MODELS OF THE UNIVERSE

## S u m m a r y

The idea of carrying the scientific researches keeps the same for the last centuries. In recognition context of finding-motivating it is possible to qualify specific heuristics of researches, strict connected with the process of constructing scientific theories. Such the heuristics could be

---

generalized into the form of so called basic research schemes. In some cases they could be more useful for realization scientific aims.

In this article there are shown both reasons and goals of using the basic research schemes in natural sciences. Any examples of such the schemes, used in cosmology, are presented too. The problem of formally possibilities and limitations of schemes it is pointed.