

TOMASZ MICHNIOWSKI

Lublin

KONSTRUOWANIE MODELI W KOSMOLOGII

WSTĘP

Pytania, jakie zaczęto stawiać w fizyce na przełomie XIX i XX stulecia¹, doprowadziły rychło do kwantowo-relatywistycznej rewolucji, zmieniającej nasze rozumienie świata, a zatem i postać obowiązujących modeli fizycznych, zarówno w mikroskali, jak i w opisie globalnym. Kwantowy model atomu, standardowy model kosmologiczny², teorie unifikacyjne³ czy osiągnięcia z zakresu teorii ciała stałego, są sztandarowymi przykładami dokonań „nowej” fizyki. Obecny, imponujący rozwój technologiczny i informacyjny jest prostą konsekwencją wymienionych osiągnięć teoretyków. Z całą pewnością nie mógłby on mieć miejsca na gruncie wiedzy klasycznej.

Zarazem z upływem czasu coraz bardziej widoczny staje się fakt niewystarczalności współczesnej nauki w zakresie udzielania odpowiedzi na coraz to nowe pytania pojawiające się w ślad badań empirycznych i analiz o charakterze ogólnym. Sytuacja zaczyna poniekąd przypominać tę z końca ubiegłego stulecia: nauka, udzielająca znakomitych odpowiedzi na wiele pytań, staje bezradna wobec kolejnych problemów. Poprzez analogię do sytuacji sprzed stu lat można domniemywać, że co najmniej niektóre spośród obserwowanych dziś zjawisk mają swe źródła w obszarach znajdujących się poza granicami współczesnej wiedzy. Oznaczałoby to niewątpliwie rychłą detronizację obecnie oczywistych schematów naukowych. Niektóre spośród

¹ Chodzi tu o znane zagadnienia dotyczące budowy atomu, promieniowania ciała doskonale czarnego, kosmicznego eteru itp.

² Tzw. model Wielkiego Wybuchu albo Big-Bang-u.

³ Grand Unified Theories.

formalnych⁴ (a nawet *quasirealnych*) podejść do trudności, z jakimi borykają się obecnie nauki przyrodnicze, mogą wnieść pewne przesłanki co do charakteru ewentualnej „nowej rewolucji”. Uchwycenie kierunku i głównych zależności tego procesu byłoby ogromnie pożądane w kontekście zagadnienia racjonalizacji⁵ procesu poznania.

1. PRZESŁANKI KOSMOLOGICZNE

Dziedziną nauki, w której potrzeba pewnego rodzaju „nowej rewolucji” objawia się w sposób szczególny, jest kosmologia teoretyczna. Liczba zjawisk niewyjaśnialnych na gruncie obowiązującego modelu Wielkiego Wybuchu (wraz ze wszystkimi jego „nadbudówkami”⁶) jest tu szczególnie duża. Graniczny⁷ charakter kosmologii w naturalny sposób sprzyja napotykananiu problemów, których źródła nadal znajdują się poza zasięgiem naszej wiedzy⁸. Wynika to, jak się wydaje, z ograniczonego zasięgu teorii bazowych dla obowiązującego modelu, oraz charakteru założeń poczynionych podczas jego konstruowania.

Przyjęta obecnie procedura konstruowania modeli kosmologicznych przewiduje w kolejności⁹:

- określenie charakteru geometrii modelu,
- zdeterminowanie jego obserwacyjnych i dynamicznych własności,
- ustalenie koniecznych parametrów.

W wypadku modelu standardowego, dla którego teorią bazową jest OTW, pierwszy z wymienionych etapów polega na określeniu postaci metryki. W kolejności umożliwia to napisanie wszystkich składowych wyrażenia

⁴ W niniejszym opracowaniu autor przyznaje się do klasyfikacji uwzględniającej podział nauk na formalne i realne. W podziale takim fizyka lub chemia są naukami realnymi, a matematyka lub logika – formalnymi. W tym kontekście należy rozumieć znaczenie terminów „realny” i „formalny” użytych w tekście.

⁵ Rozumienie terminu „racjonalizacja” podobnie jak w [23].

⁶ Zaliczyć tu można np. modne w latach osiemdziesiątych modele inflacyjne o niestandardowej naturze, lecz wkomponowane w teorię Big-Bang-u.

⁷ Znaczenie terminu „graniczny” jak w [1]. Porównaj też [8].

⁸ Historycznie nie jest to sytuacja nowa. Astronomia, a później kosmologia zawsze borykały się z tego rodzaju problemami. Jako przykład można tu podać trudność z wyjaśnieniem zjawiska zaćmień w czasach przed Galileuszem i Kopernikiem, zagadnienie stacjonarności wszechświata newtonowskiego, XIX-wieczny paradoks Olbersa czy problem redshift-u w latach dwudziestych naszego stulecia.

⁹ Szczegółowo procedurę konstruowania modeli kosmologicznych opisują Ellis [2] i Heller [3], [4].

stanowiącego lewą (tzw. geometryczną) stronę równań Einsteina. Następnie konieczne jest dokonanie odpowiednich założeń co do postaci tensora energii-pędu, stojącego po prawej („materialnej”) stronie tych równań. Konieczne tutaj założenie nosi nazwę Zasady Kosmologicznej¹⁰. W stosunku do rozkładu materii postuluje ono globalną przestrzenną jednorodność i izotropię. Zarazem implikuje istnienie czasu kosmicznego.

Modele z Zasadą Kosmologiczną noszą popularną nazwę modeli Robertson-Walkera¹¹. Wszystkie one spełniają symetrie o co najmniej sześciu i co najwyżej dziesięcioparametrycznych grupach. Z warunku na istnienie maksymalnej grupy symetrii [4] daje się wyliczyć charakter ewolucji $R(t)$. Zależność ta może być liniowa (tzw. światy Milne’a), hiperboliczna (Lanczosa) lub eksponencjalna (deSittera) [4], [6]. Wyczerpuje to własności modeli o robertsonowskiej geometrii.

Dopełnienie drugiego wymogu procedury konstruowania modelu standardowego dokonuje się przez wykorzystanie wyrażenia na postać metryki RW do wyliczenia ze wzorów Einsteina składowych tensora metrycznego odpowiadających niezerowym składowym tensora energii-pędu. W konsekwencji możliwe staje się przejście do tzw. równania Friedmanna [5], określającego czasowy charakter ewolucji modelu. Wielką rolę w stosunku do postaci rozwiązań równania Friedmanna pełni z kolei (arbitralnie przyjęte) równanie stanu materii kosmicznej. W najprostszym przypadku¹² uzyskuje się trzy historyczne rozwiązania Friedmanna ze względu na krzywiznę przestrzeni: zamknięte ($k=+1$), płaskie ($k=0$) i otwarte ($k=-1$). Rozwiązania te, wzbogacone o dyskusję Lemaitre’a¹³ i późniejsze weryfikacje [6] stanowią dziś o postaci modelu standardowego.

Jak wynika z powyższego szkicu, model standardowy zbudowany został na podstawie wzorów Ogólnej Teorii Względności, przy założeniu Zasady Kosmologicznej i postaci równania stanu. Fakty te określają w wyraźny sposób zasięg stosowalności modelu w zakresie prawomocności opisu obserwowanych zjawisk.

Oparcie konstrukcji modelu standardowego na OTW wiąże się ściśle z tzw. założeniem wyłączności. Jak wiadomo, oddziaływaniem określającym związki

¹⁰ Potocznie treść Zasady Kosmologicznej wyraża się zdaniem: „Wszelkie światy widziane przez obserwatorów umieszczonych w dowolnych różnych miejscach wyglądają tak samo”.

¹¹ Od nazwisk Robertsona i Walkera, którzy wprowadzili wyrażenie na postać elementu liniowego metryki przestrzeni o stałej krzywiznie. Jak wiadomo, założenie kosmologiczne implikuje stałość krzywizny (zob. [3]).

¹² Założenie nieoddziaływującej materii ($p=0$) i zaniedbanie członu kosmologicznego (zawierającego Λ).

¹³ Zob. Lemaitre 1927, 1931.

w równaniach Einsteina jest grawitacja. Zatem i ewolucja standardowa zdeterminowana jest grawitacyjnie. Oznacza to, że zjawiska wywodzące się z mechanizmów innego typu nie są w ogóle opisywalne na gruncie modelu. Postęp w zakresie teorii oddziaływań, fizyki jądrowej i fizyki wysokich energii w ogóle przekonuje o licznych i różnorodnych zjawiskach wywodzących się z mechanizmów ewidentnie niegravitacyjnych. Wobec OTW i modelu standardowego są one jedynie zaburzeniami o nieprzewidywalnym prawdopodobieństwie ujawnień i nieznaney naturze.

Z kolei przyjęcie Zasady Kosmologicznej określa charakter Wszechświata w sposób globalny. Tymczasem empirycznie weryfikowalne są jedynie twierdzenia dotyczące poznawalnych obszarów Kosmosu (co najwyżej w obrębie horyzontu zdarzeń). W ten sposób idealizacja przyjęta do opisu obszaru związanego przyczynowo określa charakter Wszechświata także poza horyzontem zdarzeń obserwatora [7], [8]. Wobec faktu nieliniowości równań Einsteina, prawomocność założenia kosmologicznego nie podlega w zasadzie weryfikacji. Nie wiadomo bowiem, czy podczas przejścia od opisu w skali gwiazdowej do skali np. metagalaktycznej równania te zachowują się. Inaczej mówiąc, operacja zmiany skali opisu niekoniecznie zmienia postać tensora metrycznego (a z nim geometrii Wszechświata) odpowiednio do zmiany tensora energii-pędu. Próby ratowania sytuacji przez wstawienie odpowiednich członów kompensujących nie są zadowalające, gdyż jeśli pogodzić się z koniecznością dopisywania „ręcznych” poprawek w operacjach wygładzania¹⁴, to konsekwentnie należy zaakceptować możliwość nadania dowolnej przestrzeni charakteru friedmannowskiego¹⁵. Tego rodzaju działalność sprowadza modelowanie czasoprzestrzeni do poziomu nierealistycznych spekulacji.

Podobny jest brak możliwości uwiarygodnienia ciąży na postaci równania stanu. Niezależnie od kształtu równania, pozostaje problem nieprawomocnej ekstrapolacji założenia¹⁶.

Ostatecznie model standardowy opisuje czterowymiarową czasoprzestrzeń, o ewolucji której decyduje tylko i jedynie grawitacja. Ponadto charakter tej ewolucji wynika z przyjętych założeń o globalnej izotropii i jednorodności przestrzeni oraz o gęstości i ciśnieniu materii ją wypełniającej. Jak okazuje

¹⁴ Tzn. przechodzenia z opisem do innych skal.

¹⁵ Zob. [9]. W pracy tej pokazano, że po wprowadzeniu do opisu źródeł fizycznych ewolucji członu z promieniowaniem grawitacyjnym, możliwe jest otrzymanie świata typu friedmannowskiego z przestrzeni niejednorodnych i anizotropowych.

¹⁶ Można pokazać, że ekstrapolacja taka pozostaje w sprzeczności z problemem przyczynowości. Usprawiedliwienia jej można szukać jedynie przez odwołanie się do Zasady Macha [10].

się przy bliższej analizie, model Wielkiego Wybuchu nie posiada mechanizmów mogących usprawiedliwić wiele z obserwowanych we Wszechświecie zjawisk.

Głównymi trudnościami trapiącymi model standardowy są: problem horyzontu oraz problem płaskości. Pierwszy związany jest z pytaniem o przyczyny obserwowanej globalnej izotropii i jednorodności Kosmosu wobec faktu, że fotony niosące informację o takim stanie rzeczy docierają do obserwatora z obszarów niezwiązanych przyczynowo. Drugi kłopot polega na niezgodności obserwowanego wieku Wszechświata (10^{17} s.) z dopuszczalnym dla Kosmosu wypełnionego taką jak nasz ilością materii czasem życia (10^7 s.). W świetle teorii standardowej wiek 10^{17} s. mógłby przydarzyć się jedynie kosmosowi płaskiemu, stąd problem ten nosi nazwę problemu płaskości¹⁷.

W literaturze wymienia się jeszcze długą listę obserwowanych zjawisk, dla których nie ma wyjaśnienia na gruncie modelu standardowego¹⁸. Nie wszystkie są niezależne, ale każde wystarcza, by pozbawić wiarygodności teorię Wielkiego Wybuchu. Najgłośniejsze na tej liście są zagadnienia wielkoskalowego rozkładu, asymetrii barionowej, monopoli i ścian domenowych. Dotychczasowe próby rozwiązania wymienionych trudności przy wykorzystaniu mechanizmów standardowych prowadzą do wniosku, że działający poprawnie w stosunku do wcześniej ujawnionych problemów model, okazuje się być zbyt ciasny dla nowopoznanych faktów. Innymi słowy, mechanizmy odpowiedzialne za niektóre obserwowane zjawiska nie mają natury standardowej.

Zastosowanie Ogólnej Teorii Względności do skonstruowania modelu Wielkiego Wybuchu pozwoliło na ogromny w stosunku do kosmologii klasycznej postęp interpretacyjny i warsztatowy. Określenie na sposób robertsonowski charakteru geometrii czasoprzestrzeni i przyjęcie znanych założeń zamieniło statyczny kosmos Newtona w dynamiczną, ewoluującą czasowo, przeżywającą zróżnicowane epoki strukturę. W ewolucji tej znalazło się miejsce dla mechanizmów w znacznej mierze wyjaśniających postać i naturę obserwowanego Wszechświata. Umożliwiło to zarazem odkrycie lub uświadomienie nowych faktów, dla wyjaśnienia których model standardowy okazał się zbyt ubogi.

W wypadku modelu Big-Bangu najpoważniejszym ograniczeniem dla teorii kosmologicznej wydaje się założenie wyłączności, wynikające z charakteru zastosowanej tu teorii bazowej (OTW). Prowadzi ono do klasycznego w swej naturze determinizmu rozwiązań. W teorii standardowej Wszechświat uważa

¹⁷ Więcej o obu zagadnieniach pisze np. Sokołowski [11].

¹⁸ Np. Linde [12] podaje listę dwunastu problemów.

się za czasoprzestrzenną strukturę, której czasowa ewolucja jest ciągiem stanów przestrzeni otrzymany w wyniku przekrojenia czasoprzestrzeni płaszczyzną $t_i = \text{const.}$ czasu uniwersalnego. Jeśli przez Q rozumieć wszechświat o naturze różnorodnościowej¹⁹, z metryką uzyskaną w wyniku rozwiązania równań Einsteina przy ustalonych wartościach parametrów, to konsekwentnie R^Q_i oznaczać będzie stan przestrzeni tego świata w chwili t_i . Ewolucja wszechświata Q jest więc równoważna chronologicznej realizacji ciągu stanów $\{R^Q_i\}$, $i \in \mathbb{R}$ (zob. [14]). Elementy tej ewolucji są jednoznaczne. Jeśli więc zachować w mocy założenie wyłączności (do ewolucji nie wnosi wkładu żaden czynnik pozagrawitacyjny), to determinizm rozwiązania staje się pełny.

Istnieją wprawdzie liczne ewolucje standardowe (S, T, U itd., uzyskane analogicznie do scenariusza Q , ale przy innych wartościach parametrów), lecz są one wszystkie parami rozłączne. Mechanizmy dowolnego z nich nie mogą uczestniczyć w konstruowaniu jakiegokolwiek innego świata. Inaczej mówiąc, zaistnienie stanu R^Q_i determinuje pojawienie się w kolejności stanu R^Q_{i+1} , nigdy R^T_{i+1} , R^S_{i+1} etc.

Obecny stan wiedzy upewnia nas, że zbudowanie modelu obciążonego wynikającym z założenia wyłączności determinizmem, zdolnego do poprawnego opisu badanego Wszechświata, nie jest możliwe. Wyznacza to jeden z możliwych kierunków badań ku wzbogaceniu stanu posiadania nauki do poziomu wystarczającego do wyjaśnienia problemów trapiących nas obecnie.

2. DOTYCHCZASOWE PRÓBY

Najgłośniejszą z dotychczasowych prób znalezienia wyjścia z impasu teorii standardowej poprzez odejście od założenia wyłączności jest grupa mechanizmów znanych jako modele inflacyjne. Powstały one wskutek wmontowania w sekwencję epok standardowych „dodatkowej” ery (tzw. ery inflacyjnej), podczas której miałyby mieć miejsce wydarzenia odpowiadające za obecną postać Kosmosu. Różnica w stosunku do modelu Wielkiego Wybuchu polega na tym, że mechanizm zmuszający model do wejścia w erę inflacji ma naturę niegrawitacyjną.

W pierwszym podejściu [15] do zagadnienia pomysłodawca, Alan Guth, przywołuje na pomoc mechanizm GUT-owski. Ewolucja potencjału efektywnego pola Higgsa, przebiegająca w warunkach panujących w młodym (stan-

¹⁹ Często mówi się o „niezłomości”. Precyzyjne definicje znajdują się w [13].

dardowym!) Wszechświecie, umożliwia w pewnej chwili²⁰ „zawieszenie” wartości potencjału, a z nim również wartości stałej kosmologicznej, co zmienia charakter ekspansji Wszechświata ze standardowego na desitterowski. Sytuacja ta utrzymuje się aż do momentu, w którym w przechłodzonej próżni następuje wreszcie przejście fazowe do stanu złamanej symetrii i – po nagłym wyzerowaniu stałej kosmologicznej oraz ponownym podgrzaniu próżni uwolnioną w przejściu fazowym energią – ekspansja powraca na tory standardowe. W wyniku tego procesu Wszechświat w krótkim czasie zwiększa swoje rozmiary o wiele rzędów²¹. Rozwiązuje to, jak się wydaje, problem płaskości²² i problem horyzontu²³.

Prosty zabieg z wprowadzeniem do modelu standardowego niegravitacyjnego zaburzenia o naturze GUT-owskiej pozwolił zatem Guthowi na wykreowanie epoki, w której działają mechanizmy niezbędne do wyjaśnienia podstawowych trudności teorii Wielkiego Wybuchu. Ponadto zajście inflacyjnego kataklizmu zacierza ślady po epokach wcześniejszych, co dodaje komfortu całemu modelowi.

Inflacja Gutha nie przetrwała ani miesiąca. I sam autor, i inni²⁴ natychmiast dostrzegli istotne trudności pomysłu. Przede wszystkim inflacja typu guthowskiego „nie chce się” kończyć, wobec faktu, że przejście fazowe do stanu naruszonej symetrii (które stanowi o zatrzymaniu procesu inflacyjnej ekspansji) jest zjawiskiem kwantowym i nie dokonuje się globalnie. Zatem w „morzu” próżni fałszywej (symetria zachowana) bąble próżni prawdziwej (po naruszeniu symetrii) pojawiają się lokalnie. Ponieważ jednak ekspandują znacznie mniej gwałtownie, nigdy nie zdominują swego fałszywego „otoczenia”. Ponadto, wskutek licznych naruszeń ciągłości pola próżni, we Wszechświecie powinny być obserwowane liczne defekty w postaci monopoli magnetycznych i ścian domenowych ([16], [17]). Dotychczas nie uzyskano potwierdzonego meldunku o odkryciu podobnych obiektów.

Atrakcyjność hipotezy Gutha była tak wielka, że pomimo rychłego załamania się „pierwszej inflacji”, pomysł zbudowania mechanizmu ratującego

²⁰ Po schłodzeniu próżni do energii, przy których następuje spontaniczne naruszenie symetrii.

²¹ U Gutha jest to liczba rzędu 10^{28} . Później, w „nowym scenariuszu” Lindego sięga ona nawet $10^{10^{14}}$.

²² Pomimo, iż w chwili rozpoczęcia inflacji Wszechświat nie jest płaski, mechanizm desitterowskiej ekspansji sprawia, iż dziś zachowuje się on jak kosmos o doskonale wyzerowanej krzywiznie.

²³ Kosmos jest obecnie jednorodny i izotropowy globalnie, choć jego odległe obszary nie pozostają w kontakcie przyczynowym, gdyż wywodzi się z obszaru uprzednio związanego przyczynowo, a następnie rozdętego inflacyjnie poza horyzont zdarzeń.

²⁴ Zob. spis publikacji na ten temat w [10] s. 33-34.

model standardowy przez wprowadzenie niegravitacyjnego zaburzenia był eksploatowany w latach osiemdziesiątych z wielką ochotą. I tak, poprzez zastosowanie do teorii potencjału innego typu (tzw. potencjału Coleman-Weinberga), umożliwiającego zaistnienie przejścia fazowego w korzystniejszy sposób, powstał „nowy scenariusz inflacyjny” [12], [18]. Upadł on, gdy uświadomiono sobie, że potencjał CW nie może egzystować w kosmosie podgrzewanym promieniowaniem kwantowego parowania horyzontu [19]. Z kolei, w bezpotencjałowych modelach „inflacji chaotycznej” Lindego i „inflacji naturalnej” Steinhardta doszukano się niekonsekwencji interpretacyjnych. Kolejne inflacje, dość licznie budowane w następnych latach, również nie były wolne od braków. Pomimo przywoływania bardziej egzotycznych niż GUT-owskie mechanizmów²⁵, nie udało się dotychczas zbudować modelu inflacyjnego, który potrafiłby poradzić sobie ze starymi problemami nie rodząc w ich miejsce nowych.

Teorie inflacyjne są realnymi modelami kosmologicznymi konstruowanymi na bazie założeń wykraczających poza granice wyznaczone założeniami kosmologii standardowej. Brak oszałamiających sukcesów z ich strony nie powinien jednak zniechęcać do działań w tym kierunku. Dorobek prac o charakterze formalnym, prowadzonych równoległe i wcześniej, zdaje się świadczyć o właściwym wyborze sposobu postępowania.

Niezwykle ciekawą propozycją z tego zakresu jest pochodzący jeszcze z lat sześćdziesiątych pomysł Hellera tzw. seryjnych modeli Wszechświata [14]. Autor, świadom ograniczeń modelu standardowego wynikających z założenia wyłączności, proponuje (15 lat przed Guthem!) rezygnację ze ścisłego jego przestrzegania. Dopuszczenie wkładów niegravitacyjnych umożliwia przejścia ewolucji od jednego modelu standardowego (np. Q) do innego (np. P). Zaistnienie konkretnego stanu R^Q_i nie musi więc pociągać jednoznacznie stanu R^Q_{i+1} . Działanie czynnika niegravitacyjnego może doprowadzić do mutacji i wywołać „przeskok” do innej ewolucji, przywołując w zamian stan np. R^P_{i+1} . Częstość i zasięg (w sensie probabilistycznej odległości) takich „przeskoków” zależałyby od częstości wielkości pojawiających się zaburzeń. Ewolucja ściśle standardowa stanowiłaby zatem jednorodny model seryjny (bez przejść). Modele Friedmanna, dokonujące zmian charakteru ewolucji w sposób naturalny²⁶ mogą być uważane za serie I rodzaju, pozostałe zaś przypadki (ze zmianą modelu wskutek pojawienia się zaburzeń) – za serie II rodzaju.

²⁵ Do skonstruowania mechanizmu inflacyjnego próbowano wykorzystywać supergravitację, supersymetrię, grawitację kwantową, geometrie nierobertsonowskie i inne.

²⁶ Klasyfikacja tych serii podana jest w [4].

Jak od razu widać, w interpretacji seryjnej zasięg modelu kosmologicznego jest znacznie większy w stosunku do możliwości wcześniejszych koncepcji. Wiele mechanizmów z licznych scenariuszy ewolucyjnych może odpowiadać za obecną postać Wszechświata. Na gruncie modelu standardowego jedynie mechanizmy ewolucji obecnie obowiązującej mogą stanowić przeszłość badanego Kosmosu. Formalne siłą rzeczy²⁷ ujęcie seryjnych modeli okazało się prorocze. Jak pokazano w [10], młodsze o 15 lat modele inflacyjne, ściśle realizują formalny schemat seryjny. Z analizy obu teorii wynika, że np. inflacja Gutha jest serią II rodzaju o dwóch przejściach (realizowane są trzy scenariusze ewolucyjne), a model „nowego scenariusza” jest serią trójprzejściową (cztery ewolucje). Ogólnie, wszystkie inflacje są (niezależnie od wprowadzonych mechanizmów) prostymi seriami II rodzaju.

W tym świetle staje się zrozumiałe, dlaczego inflacje nie zdołały dotychczas rozwiązać problemów modelu Wielkiego Wybuchu. Badanie teorii inflacyjnych przez pryzmat matematyki zastosowanej w opisach pozostawia wrażenie ich złożoności, bogactwa rozwiązań i elastyczności pola założeń wyjściowych. Jest to wrażenie podobne do tego, jakiego można doświadczyć przechodząc od modelu klasycznego do opisu standardowego. Przyjrzenie się teoriom inflacyjnym z punktu widzenia schematu modeli seryjnych przekonuje o ich koncepcyjnej prostocie. Okazuje się, że koncepcja inflacyjna nie jest jeszcze dość ogólna i subtelna, by swym zasięgiem rozwiązań obejmować problemy standardowe i konsekwencje pojawiające się przy próbach ich usuwania. W kontekście dalszego rozwoju kosmologii wydaje się jednak, że modele seryjne i poczyniona nieświadomie²⁸ za pomocą inflacji ich weryfikacja, są metodologicznie krokiem w dobrą stronę.

Inną próbą poszerzenia dziedziny modeli kosmologicznych jest tzw. propozycja stochastyczna [20], [21]. W sensie podejścia metodologicznego jest ona podobna do koncepcji modeli seryjnych. Dla fizyka stanowi jednakże całkiem odrębną teorię. Tym razem także analizowane są konsekwencje rezygnacji z założenia adiabatyczności, ale w odniesieniu do równania stanu. Jak wiadomo, postać równania stanu decyduje o kształcie rozwiązań równania Friedmanna. Jeśli dopuścić możliwość fluktuacji stanu (co wydaje się wysoce prawdopodobne), uzyskać można, w miejsce dotychczasowych dyskretnych, deterministycznych ewolucji friedmannowskich, obszary²⁹ dozwolonych

²⁷ W latach sześćdziesiątych zaawansowanie jakichkolwiek teorii nieeinsteińskich, łącznie z GUT, było zbyt nikłe jak na możliwości zastosowań w teoriach kosmologicznych. Wiele z obecnie modnych teorii jeszcze nie istniało.

²⁸ Przystępując do konstruowania modeli inflacyjnych, Guth i następcy nie znali koncepcji seryjnej.

²⁹ Pomimo zachowania zerowej stałej kosmologicznej!

ewolucji, także friedmannowskiej natury. Ewolucja konkretnego świata może zatem realizować jeden z wielu możliwych scenariuszy z dozwolonego obszaru. Scenariusz ten będzie oczywiście seria³⁰, tym bardziej regularną, im mniejsze są czasowe odstępstwa od wyjściowej postaci równania stanu. Na gruncie takiego modelu również można spodziewać się zajścia mechanizmów mogących usprawiedliwiać problemy, wobec których deterministyczny model Big-Bangu pozostaje bezradny. Co więcej, w obszarze dozwolonym stochastycznie istnieją scenariusze nie posiadające w swej historii punktów osobliwych. Dopuszczalne byłyby więc otwarte i płaskie wszechświaty quasifriedmannowskie³¹ bez Big-Bang-u oraz zamknięte bez Big-Bangu, bez Big Crunch-a³², lub bez obu. Jest to niewątpliwie bardzo nęcąca wizja: otrzymanie modelu z erą Plancka w przeszłości, ale bez jakże niewygodnej osobliwości.

Problem modelowania z ominięciem założeń standardowych pojawia się ponownie w koncepcji swoistej seryjnie-stochastycznej inflacji Stewarda [22]. Autor poprzez dopuszczenie zaburzeń typu hellerowskiego ukazuje możliwość wykreowania we wczesnym Wszechświecie epoki inflacyjnej. Koncepcja ta posiada jednak ograniczenia innych modeli inflacyjnych.

3. KONKLUZJA

Jak wynika z powyższych rozważań, począwszy od lat sześćdziesiątych naszego stulecia mamy do czynienia z sytuacją analogiczną do znanej z końca XIX wieku. Najnowsze odkrycia naukowe prowadzą do pytań, na które nie ma odpowiedzi na gruncie posiadanych teorii. Sytuacja taka objawia się szczególnie wyraźnie w kosmologii, gdzie z natury dochodzi do licznych konfrontacji najnowszych odkryć z możliwościami posiadanego stanu wiedzy. Jest to konsekwencją granicznego charakteru samej kosmologii. Liczne zatem fakty, już dostrzeżone i wyartykuowane, pozostają nie wyjaśnione, gdyż mechanizmy je kreujące pochodzą z obszaru poza granicami posiadanej wiedzy.

³⁰ W zasadzie II rodzaju bowiem zaburzenia będące przyczynami zmian ewolucji są niegravitacyjne. Można by jednak pokusić się o rozróżnienie zaburzeń wpływających na charakter ewolucji na zaburzenia bezpośrednie (zmiana stałej kosmologicznej) i pośrednie (zmiana innych parametrów). Zatem serie realizujące model stochastyczny mogłyby być uważane za III rodzaju.

³¹ Friedmannowskie przedziałami.

³² Wielkie Zgniecenie. Kolaps końcowy zamkniętego świata Friedmanna.

Jest bardzo ważną rzeczą przeanalizowanie dotychczasowych dokonań naukowych pod kątem optymalizacji działań poznawczych. Analiza taka, prowadzona z użyciem narzędzi wypracowanych przez metodologię, może pomóc w ocenie perspektyw poszerzenia stanu posiadania nauki, a nawet wskazać najbardziej obiecujące kierunki badań.

Przykład koncepcji modeli seryjnych wskazuje nawet, że możliwe jest budowanie formalnych schematów mogących stanowić coś w rodzaju „teorii niewiedzy”. Z kolei test inflacyjny poucza, że nie są wykluczone działania zmierzające do urealnienia takich schematów poprzez podstawienie do określonych w sposób formalny zależności konkretnych treści fizycznych. Z kolei to ostatnie umożliwi dokonywanie weryfikacji w drodze analitycznej i poprzez doświadczenie.

Porównanie różnych schematów formalnych, przy wykorzystaniu modeli seryjnych i stochastycznych, przekonuje o wielokierunkowym i wielopoziomym charakterze możliwych zmian. W chwili obecnej nie ma większych nadziei na sformułowanie czegoś w rodzaju Ogólnej Teorii Wszystkiego, uwzględniającej wszystkie znane oddziaływania. Trzeba zatem pogodzić się z koniecznością pozostania jeszcze przez jakiś czas przy najbardziej ogólnej z posiadanych teorii, mianowicie teorii einsteinowskiej. Pomimo jednak, iż teoria bazowa dla realistycznych modeli świata raczej nie zmieni się w najbliższym czasie, możliwe jest uzyskanie znaczącego postępu w zakresie modelowania poprzez ostrożne odejście od archaicznych w świetle dzisiejszego dorobku nauki różnego typu założeń wyłączności. Znakomicie poszerza to pole możliwości w zakresie tworzenia modeli obserwowanego Kosmosu. Postęp ten jest wielokierunkowy i wielopoziomowy.

Pomysł seryjnych modeli Hellera i późniejsze dokonania wielu badaczy są podwójnie oryginalne i cenne. Oto po raz chyba pierwszy w historii dokonują się próby budowania modeli świata uwzględniające także to, czego nie wiadomo. Siłą rzeczy mają one charakter formalny, lecz (patrz: inflacja) mogą podlegać urealnieniu i weryfikacji w miarę rozwoju teorii podstawowych. Wydaje się, że perspektywy takiego podejścia do zagadnienia rozwoju nauki i procesu poznania w ogóle są na tyle obiecujące, że nie należy pozostawiać go własnemu losowi. Być może jest to początek „nowej rewolucji” w nauce, podobnej do tej sprzed stu lat, a zarazem całkiem innej.

Brak krytycznego spojrzenia na doświadczenia płynące z teorii, takich jak inflacje i modele seryjne, pozostawia nas przecież na dotychczasowym podwórku, wraz ze wszystkimi tego konsekwencjami.

BIBLIOGRAFIA

1. H e l l e r M.: Graniczny charakter kosmologii. „Tarnowskie Studia Teologiczne” 10:1984 s. 81-95.
2. E l l i s G. F. R.: Relativistic cosmology: its nature, aims and problems. „General Relativity and Gravitation”. Reidel Pub. Co. Dordrecht 1984 s. 215-284.
3. H e l l e r M.: Konstrukcja relatywistycznego modelu wszechświata. Postępy Astronomii 19:1971 s. 45-55.
4. H e l l e r M.: Kosmologia Robertsona-Walkera a kosmologia Friedmanna. „Postępy Astronomii” 20:1972 z. 3 s. 241-250.
5. F r i e d m a n n A.: Über der Krümmung des Raumes. „Zeitschriften für Physik” 11:1922 s. 377-386.
6. H e l l e r M.: Ewolucja kosmosu i kosmologii. Warszawa 1983. PAN.
7. E l l i s G. F. R.: Cosmology and verifiability. „Quarterly Journal of the Royal Astronomical Soc.” 16:1975 s. 245-264.
8. H e l l e r M.: Uwagi o metodologii w kosmologii. „Roczniki Filozoficzne” 26:1978 z. 3 s. 66-74.
9. C a r f o r a S., M a r z u o l i G.: Smoothing out spatially inhomogeneous cosmology. „Phys. Rev. Lett.” 51:1983 z. 11 s. 1007-1009.
10. M i c h n i o w s k i T.: Wszechświaty inflacyjne w świetle koncepcji modeli seryjnych. Rozprawa doktorska. KUL Lublin 1993.
11. S o k o ł o w s k i L.: Inflacja wszechświata. „Postępy Fizyki” 36:1985 z. 3 s. 199-224.
12. L i n d e A.: Fizyka elementarnych czasteczek i inflacyjna kosmologia. Moskwa 1990.
13. H e l l e r M.: Teoretyczne podstawy kosmologii. Warszawa 1988. PWN.
14. H e l l e r M.: Seryjne modele wszechświata. „Roczniki Filozoficzne” 15:1967 z. 3 s. 73-88.
15. G u t h A. H.: Inflationary Universe. A possible solution to the horizon and flatness problem. „Phys. Rev.” D 23:1981 z. 2 s. 247-255.
16. P r e s k i l l J.: Monopoles in the very early Universe. „Very Early Universe”. Cambridge University Press USA 1983 s. 119-146.
17. P a g e D. N.: Is inflation needed to suppress monopoles? Tamże s. 393-398.
18. L i n d e A.: The New Inflationary Universe Scenario. Tamże s. 205-250.

19. H a w k i n g S., G i b b o n s R.: Cosmological event horizon, thermodynamics and particle creation. „Phys. Rev.” D 15:1977 z. 10 s. 2738-2751.
20. G r u s z c z a k S., 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.” 100A, 2:1984 s. 82-84.
21. G r u s z c z a k S., H e l l e r M.: Singularities in a stochastically predictable universe. „Phys. Lett.” 106A, 1-2:1984 s. 13-16.
22. S t e w a r d J. M.: The stochastic dynamics of chaotic inflation. „Classical and Quantum Gravity” 8:1990 s. 909-922.
23. H e l l e r M.: Moralność myślenia. Tarnów 1993. BIBLOS.

CONSTRUCTING THE MODELS IN COSMOLOGY AND NATURAL SCIENCES

S u m m a r y

In the article one discusses the present situation in natural sciences. It is pointed, that at least any of difficulties and problems of separate sciences may follow the fact, that many of occurrences and data we are finding, do have their roots in areas beyond the borders of our knowledge. In the context of rationalization the recognition, it is desired to find main dependences and directions of the process of future sciences' evolution.

The branch of the science in which such facts manifest particularly is theoretical cosmology. In this article one discusses the situation signed above towards the experiences from the field of constructing cosmological models of the Universe. One shows how any possible formally schemes can be used for solving main problems of the standard (Big-Bang) cosmology. The examples of serial and stochastic models are also presented.

In the article it is pointed that filling the formally schemes' symbols and operators by the physical content is possible. It means, that all these theories, together with appropriate assumptions are then full physically character and may be verified in an empirical way. The good example of such verifying may be inflationary models, which, as it is shown, are the serial models of the ordinary type.