

TOMASZ MICHNIEWSKI
Lublin

KONCEPCJE ROZWIĄZYWANIA TRUDNOŚCI KOSMOLOGICZNEGO MODELU STANDARDOWEGO

I. CHARAKTER PROBLEMU

Współczesna kosmologia uznawana jest, nie tylko przez przyrodników, za jeden z najpoważniejszych działów fizyki. Pogląd taki nie jest nieuzasadniony; zarówno aparatura doświadczalna i obserwacyjna, jak i matematyczne formalizmy teorii akceptowanych w kosmologii stanowią szczytowe obecnie osiągnięcie ludzkich możliwości intelektualnych i technologicznych. Również konsekwencje odkryć czynionych podczas testowania modeli wprowadzanych przez kosmologów dla mniej lub bardziej globalnego opisu Wszechświata są doniosłe dla nauki i fascynujące dla postronnych obserwatorów. Zarazem wzrasta liczba odkrywanych faktów fizycznych nie znajdujących wyjaśnienia na gruncie posiadanych modeli. Wydaje się, że nadeszła pora na daleko idące rozwinięcie posiadanej bazy teoretycznej, a mówiąc bardziej precyzyjnie – na wprowadzenie nowego modelu kosmologicznego.

Najprostszym, a zarazem najogólniejszym i najbardziej efektywnym modelem relatywistycznego Wszechświata jest obecnie kosmologiczny model standardowy, zwany także modelem Big-Bangu (Wielkiego Wybuchu)¹. Matematycznie stanowi on czterowymiarową rzeczywistość różniczkowalną (Riemanna) z określonymi warunkami brzegowymi. Krzywizny w tak pojętej przestrzeni (fizycznie rozumiane jako pola grawitacyjne) reprezentowane są poprzez poszczególne składowe tensora metrycznego. W obszarach niewiel-

¹ Literatura dotycząca historii powstania modelu oraz jego postaci jest bogata. Zob. np. bibliografię w <2>.

kich krzywizn (poza osobliwościami) czterowymiarowa czasoprzestrzeń nabiera lokalnie charakteru Minkowskiego, umożliwiając w konsekwencji czasowy i przestrzenny opis zjawisk lokalnych. Tymczasem wydzielenie czasowych i przestrzennych włókien z czterowymiarowej czasoprzestrzeni w sposób globalny nie jest możliwe bez dodatkowych założeń. W modelu standardowym odpowiednim warunkiem brzegowym umożliwiającym dokonanie tej operacji jest tzw. zasada kosmologiczna, zakładająca globalną jednorodność i izotropię Wszechświata. Dzięki jej wprowadzeniu możliwe jest uzyskanie globalnych ewolucji czasowych (tzw. rozwiązań Friedmana), których postacią jest funkcją odpowiednich parametrów.

Ujmując najogólniej, rozwiązania Friedmana² stanowią podstawę wnioskowań na temat czasowej ewolucji Kosmosu. Na przykład, analizując dowolne spośród nich³, mamy prawo uważać, że aktualny Wszechświat posiada swój globalny początek w czasie (tzw. moment Wielkiego Wybuchu), począwszy od którego istnieje i podlega określonej ewolucji kosmicznej. Realizując taką ewolucję, Wszechświat musi przechodzić w swej historii kolejne epoki, w których zachodzą określone zjawiska fizyczne. Te z kolei nadają Kosmosowi określoną postać, którą obecnie możemy obserwować, opisywać i katalogować. Uzyskane w ten sposób dane mogą być przydatne do wyznaczenia wartości parametrów równania Friedmana związanych z rozwiązaniem przedstawiającym ewolucję kosmiczną prowadzącą Wszechświat do stanu zgodnego z obserwowanym. Tymczasem całkowitej zgodności pomiędzy wynikami obserwacji a przewidywaniami teorii nie potrafimy osiągnąć, niezależnie od przyjętego zbioru wartości parametrów w równaniu Friedmana. Oznacza to, że model standardowy nie reprezentuje Wszechświata fizycznego w sposób ścisły.

To ostatnie nie jest oczywiście zarzutem i nie oznacza, iżby model miał być odtąd uważany za „niepoprawny”. Jest on jedynie nie dość subtelny, by uwzględniać wszystkie mechanizmy fizyczne odpowiedzialne za pojawianie się we Wszechświecie określonych faktów fizycznych. Innymi słowy, predyktywna wydolność modelu jest mniejsza niż obecne możliwości obserwacyjne i eksperymentalne. Jest to oczywiste, jeśli uwzględnić, iż każdy model jest idealizacją, zatem podczas jego konstruowania pominięte zostają liczne własności modelowanej rzeczywistości⁴; ustalenie zbioru własności uwzględnia-

² A mówiąc bardziej precyzyjnie: Friedmana-Lemaitre’a-Robertsona-Walkera (por. <5>).

³ Zob np. opis i odpowiednie rysunki w <1>, por. także rysunki w <5>.

⁴ Por. <3> oraz odsyłacze do literatury w nim zawarte.

nych w modelu dokonuje się arbitralnie i na odpowiednio wysokim poziomie precyzji opisowej może już nie być prawomocne. Tak więc, im większa jest moc założeń czynionych podczas konstruowania modelu (wyższy poziom idealizacji), tym większych należy oczekiwać rozbieżności pomiędzy przewidywaniami teorii a obserwowaną postacią Wszechświata.

Sytuacja nie jest nowa. W historii nauki da się wyróżnić okresy, w których powszechnie przyjmowano określone modele kosmologiczne. I tak, w starożytności pojawił się model ptolemeuszowsko-arystotelesowski, który na ogół wystarczał⁵ do opisu świata aż do XVI-XVII stulecia, kiedy to odkrycia Galileusza, Keplera, Newtona i innych umożliwiły weryfikację niektórych treści w dotychczasowym opisie Wszechświata⁶ i, w konsekwencji, wprowadzenie w wieku XVIII i XIX modelu klasycznego, o tej samej co dotychczas topologii⁷, lecz o innych własnościach globalnych. Nowy model kosmologiczny wyjaśniał ówczesnie obserwowane zjawiska i zarazem pozostawał zgodny z modelem poprzednim, stanowił zatem wygodne narzędzie do badania Wszechświata na rozpatrywanym podówczas poziomie precyzji opisowej oraz w osiągalnej dla obserwacji skali. Postęp technologiczny, w znacznej mierze związany z osiągnięciami dyscyplin rozwijanych w kontekście treści samego modelu, przyniósł rozwój technik badawczo-obserwacyjnych, co u końca XIX stulecia doprowadziło do odkrycia wielu faktów niewytłumaczalnych na gruncie opisu newtonowskiego. Chwilowym rozwiązaniem trudności okazał się relatywistyczny model Wielkiego Wybuchu (bardziej ogólny od swego poprzednika, a zarazem z nim zgodny), który dziś, po kilkudziesięciu latach rozwoju, znów okazuje się nie móc sprostać badawczym postuatom wzrostu precyzji i subtelności opisowej.

Rozwiązaniem trudności powinien być w tej sytuacji nowy model. Dotychczas nie potrafimy jednak zaplanować, choćby w najogólniejszy sposób, jego przyszłej konstrukcji. Historyczne doświadczenie uczy, iż należy dążyć do usubtelnienia⁸ idealizacji czynionej podczas modelowania. Dotychczas postępowanie takie z powodzeniem zdawało egzamin, choć z jego natury potrafiliś-

⁵ Nie do końca co prawda. Na przykład nie udało się na jego gruncie wyjaśnić zjawiska zaćmień ani faktu utrzymywania się niewielkiej odległości katowej na sferze niebieskiej Słońca i planet dziś nazywanych wewnętrznymi, czyli Merkurego i Wenus.

⁶ Przede wszystkim chodzi tu o zasady mechaniki.

⁷ Zob. <4>.

⁸ Czyli uwrażliwienia na elementy i mechanizmy rzeczywistości, które w dotychczasowych idealizacjach traktowane były jako mało istotne dla globalnych własności modelu, zatem pomijalne.

my sobie zdawać sprawę dopiero *post factum*. Działanie tego rodzaju nie jest jednak w sposób ogólny ani możliwe, ani pożądane, gdyż, nie ma po temu żadnych schematów postępowania (metodyk, heurystyk) i nieznane są kierunki ewentualnych dążeń badawczych, zaś dokonywanie jakichkolwiek zmian w obszarze założeń bez świadomości konsekwencji tychże znakomicie komplikuje analizy i rachunki i zaciemnia wizerunek badanych zjawisk, częstokroć poza możliwość późniejszej interpretacji.

Sytuacja nie jest jednak beznadziejna. Zarówno liczba poszczególnych odkryć, jak i rozwój potencjalnie użytecznych dla przyszłego modelu teorii fizycznych są w obecnym czasie znaczące. Ponadto dotychczasowe, gorączkowo podejmowane i różnorodne, choć często dość przypadkowe próby znalezienia wyjścia z niewygodnej sytuacji okazują się bardzo pouczające zarówno przedmiotowo, jak i metodologicznie. Wydaje się, że należy prześledzić je dokładniej przed podjęciem dalszych wysiłków zmierzających do skonstruowania satysfakcjonującego modelu kosmologicznego. Dogłębne zrozumienie fizycznego i metodologicznego kontekstu odkryć ostatnich lat może służyć postępowi w omawianej dziedzinie. Poziom ukomplikowania i pojęciowej abstrakcji współczesnych teorii kosmologicznych w zasadzie wyklucza możliwość „przypadkowych” rewolucji na tym gruncie.

II. WĄTPLIWOŚCI I KONCEPCJE ICH BADANIA

Analiza wybranych rozwiązań równania Friedmana prowadzi do wniosku, iż ewolucja Wszechświata rozpoczyna się osobliwością zwaną Big-Bangiem⁹. Fizycznie wydaje się ona stanem nieskończonej gęstości energii, z którego wyłania się znany nam czasoprzestrzenny Wszechświat. O czasowej ewolucji Kosmosu można oczywiście mówić jedynie w odniesieniu do punktów na wykresie leżących „na prawo” od Big-Bangu. Implikuje to konieczność nałożenia na model bardzo poważnych założeń dotyczących jego symetrii¹⁰. W ich obrębie możliwe są różne ewolucje, zależnie od przyjętych wartości odpowiednich parametrów. Wrażliwość modelu na dobór tych wartości jest ogromna; niewielkie zmiany w zbiorze tych ostatnich mogą prowadzić do radykalnie odmiennych ewolucji¹¹. Zarazem, co wynika z charakteru samego równa-

⁹ Który jest skalarną osobliwością krzywizny (Ricciego).

¹⁰ Spełnione być muszą m.in. założenia wyłączności oddziaływań grawitacyjnych oraz założenie kosmologiczne (globalna jednorodność i izotropia).

¹¹ Por. (12).

nia Friedmana, przejście od ewolucji Kosmosu w trakcie jej realizacji do ewolucji opisanej innym rozwiązaniem nie jest możliwe¹². Oznacza to, że Wszechświat obecnie obserwowany musi być – według opisu standardowego – jednym (i tylko jednym) z możliwych rozwiązań ewolucyjnych równania Friedmana. Zmartwienie współczesnej kosmologii polega na tym, że nie istnieje rozwiązanie ściśle i z dowolną dokładnością prowadzące do świata, który obserwujemy. Sprzeczności układają się w grupy problemów¹³. Na przykład, z faktu trwania ewolucji kosmicznej przez okres, jak sądzimy, wielu miliardów lat wynika, że Wszechświat realizuje tzw. płaski¹⁴ scenariusz Friedmana. Ilość materii we Wszechświecie, jaka powinna się pojawić w podobnej ewolucji, jest kilkakrotnie większa od ilości rzeczywiście obserwowanej. Proste wyjście z tego dylematu nie istnieje; niewielka ilość materii implikuje scenariusz otwarty, którego ewolucja dawno powinna już być osiągnąć tzw. epokę de Sittera, czyli ekspansji próżni wypełnionej jedynie promieniowaniem o niewielkiej gęstości¹⁵.

Nie powtarzając po raz kolejny znanych faktów¹⁶, stwierdzić należy, iż większość, jeśli nie wszystkie, z obserwowanych zjawisk fizycznych znajduje co prawda usprawiedliwienie w modelu standardowym, jednak nie w obrębie jednej i tej samej ewolucji. Mówiąc inaczej, model nie zawiera odpowiedniego zbioru mechanizmów fizycznych, które mogłyby wyprowadzić świat do postaci obecnie obserwowanej poprzez realizację pojedynczego scenariusza typu friedmanowskiego.

Dotychczasowe próby wyjścia z impasu realizują się na gruncie koncepcji o charakterze przedmiotowym lub metapredmiotowym. Zasadniczo możliwe jest wyróżnienie łącznie trzech podejść, z których dwa są konstruktywne, zaś jedno negatywne. Ich podział ze względu na naturę, przedstawiony jest poniżej.

¹² Ze względu na założenie wyłączości, por. <6>.

¹³ Płaskości, horyzontu, brakującej masy, itp., por. <7>.

¹⁴ O zerowej lub niemal zerowej krzywiznie globalnej zob. <8>.

¹⁵ Por. <9>.

¹⁶ Istnieje szeroka literatura traktująca o trudnościach modelu standardowego. Niektóre pozycje znajdują się np. w przypisach w <9>.

Koncepcje natury przedmiotowej

1. odrzucenie modelu standardowego,
2. poszerzenie modelu standardowego o mechanizmy niegravitacyjne¹⁷

Koncepcje natury metodologicznej

3. przedmiotowa i metapredmiotowa analiza konstrukcji modelu oraz odniesienie do dziedziny zjawisk stanowiących trudność.

W obrębie pierwszej koncepcji, przedmiotowej, model standardowy traktuje się jako pomyłkę i postuluje się wprowadzenie innego, zwykle statycznego, opisu. Postulując na przykład tzw. ciemną materię o odpowiednim rozkładzie i gęstości, próbuje się uzyskać efekt *redshiftu* oraz wyjaśnienie faktu temperatury próżni na poziomie ok. 2,7K. Jest to, przy pewnych założeniach, możliwe. Model stacjonarny z ciemną materią nie posiada również przypadłości wynikających z dynamicznej natury modelu standardowego (jaką jest na przykład problem horyzontu). Korzyść z takiego ujęcia jest jednak pozorna, bowiem część spośród obserwowanych zjawisk fizycznych nie mogłaby w modelu stacjonarnym mieć miejsca (na przykład zagadnienie kreacji materii i formowania struktur kosmicznych) bez wprowadzenia dodatkowych, niezwykle silnych założeń, a ponadto (i niezależnie) pojawiają się w tym ujęciu nowe trudności, wynikające z charakteru założonego opisu (na przykład problem stabilności globalnej), których usunięcie wymaga wprowadzenia kolejnych bardzo egzotycznych warunków brzegowych, których prawomocność trudno ocenić.

Drugie z wymienionych przedmiotowych podejść do zagadnienia ma charakter konstruktywny. Polega, z grubsza rzecz ujmując, na „ręcznym” montowaniu w model standardowy mechanizmów, które można by obarczyć odpowiedzialnością za zaistnienie faktów niewyjaśnialnych na gruncie grawitacyjnie deterministycznego modelu Wielkiego Wybuchu. W metodzie dokonuje się zatem odwołania do teorii unifikacyjnych (np. GUT, SuSy lub SuGra¹⁸) i uzyskania z ich pomocą satysfakcjonujących efektów w postaci rozwiązania trudności modelu jako całości. Na pierwszy rzut oka sposób ten wydaje się (metodologicznie) krokiem w dobrą stronę, bowiem dla wprowadzenia efektów niegravitacyjnych, przynajmniej lokalnie, możliwe i konieczne jest osłabienie zbioru założeń modelu. Jednakże osłabienie to dokonywane jest arbit-

¹⁷ Por. (10, 11).

¹⁸ Grand Unified Theories, Supersymmetry, Supergravitation.

ralnie i bez świadomości globalnych jego konsekwencji, co permanentnie prowadzi do pojawiania się nowych trudności w miejsce dotychczasowych, właśnie usuniętych¹⁹. Ponadto, w wyniku takich poprawek, model standardowy staje się niejednolity opisowo, i to w sposób wysoce niesystematyczny. Nadaje mu to charakter raczej spekulacji naukowej niżli akceptowalnego modelu kosmologicznego.

Najbardziej znanymi próbami realizacji koncepcji poszerzenia modelu standardowego o mechanizmy unifikacyjne są tak zwane scenariusze inflacyjne²⁰. Poprzez wstawienie do ewolucji friedmanowskiej dodatkowej epoki o dynamice niestandardowej uzyskuje się nowe mechanizmy fizyczne, które w zasadzie rozwiązują główne problemy modelu Big-Bangu. Niestety, inflacje prowadzą do kolejnych zjawisk, których konsekwencje powinny być obecnie obserwowane we Wszechświecie, a zwykle nie są. Co więcej, nawet jeśli postulowany fakt fizyczny²¹ zostaje wreszcie znaleziony, to jego postać i wartości parametrów związanych zwykle nie zgadzają się z oczekiwanymi. Wydaje się, że jest to istotna przesłanka za tym, iż „ręczne poprawki” do modelu, nawet jeśli ogólnie rzecz biorąc, są prawomocne, nie prowadzą do satysfakcjonujących rozwiązań szczegółowych i lokalnych ze względu na brak ogólnej metody lub schematu badawczego postępowania z nimi.

W istniejącej sytuacji konieczne zatem staje się podejście jeszcze inne, bardziej uniwersalne. Musi ono, z jednej strony, uwzględniać fizyczne i metodologiczne realia modelu i nie zaprzeczać faktom już sprawdzonym, z drugiej, musi wobec zbioru problemów modelu wypracować wielokierunkowo i wielopoziomowo działające narzędzia i metody służące systematycznemu uogólnieniu (z zachowaniem zgodności) opisu kosmologicznego co najmniej do obszaru, w którym bieżące trudności znajdują swe rozwiązanie. Postulaty te stanowią o charakterze trzeciej z wymienionych koncepcji rozwoju modeli kosmologicznych.

W myśl powyższego, należałoby zatem oczekiwać sformułowania hipotetycznego schematu badawczego, którego stosowanie prowadziłoby do odpowiedniej natury uogólnienia i „usubtelnienia” modelu, z zachowaniem pełnej zgodności z konstrukcją wcześniejszą, zarazem nie wykraczającego opisem

¹⁹ Bardzo wymownie fakt ten dał znać o sobie podczas prób konstruowania kolejnych scenariuszy inflacyjnych.

²⁰ Por. (11).

²¹ Np. fluktuacje promieniowania tła albo monopola magnetyczne.

poza świat fizyczny (żądanie racjonalności i weryfikowalności modelu) oraz autoweryfikującego swój własny zbiór założeń²².

Nie jest to oczywiście w sposób ogólny możliwe, choćby z powodu niemożności zdefiniowania metod oceny prawomocności założeń, które należy przyjąć (lub odrzucić) w odniesieniu do źródeł kolejnych trudności modelu. Są to z definicji obszary poza granicami naszej wiedzy i trudno wyobrazić sobie metodologiczne narzędzia do ich ogólnej weryfikacji. Niemniej nie jesteśmy w tak postawionym zagadnieniu całkowicie bezradni. Już samo wyartykułowanie zakresu potrzeb naukowych i charakteru ograniczeń, jakim podlega nasza intelektualna i technologiczna działalność, oznacza, iż zaczynamy zdawać sobie sprawę również z ograniczeń modelu. Jest to pierwszy krok w kierunku niezbędnej jego rozbudowy.

III. OBECNY A POSTULOWANY ZASIĘG OPISOWY MODELU

Jak już wielokrotnie napisano²³, model standardowy powstał na gruncie pewnej geometrii (rzeczywistej czterowymiarowej rozmaitości różniczkowalnej z zasadą kosmologiczną), w którą wstawiono określone zależności dynamiczne (wzory OTW), zaś całość odniesiono do określonego zbioru parametrów, uznanego za „fizyczny”. Taki a nie inny dobór dziedziny modelu ma swoje historyczne racje, na obecnym etapie wiedzy jest jednak ewidentnie zbyt wąski. Model Wielkiego Wybuchu opisuje świat globalnie jednorodny i izotropowy, o dynamice określonej wyłącznie oddziaływaniami grawitacyjnymi. Areną opisów fizycznych jest w tym ujęciu czterowymiarowa rzeczywista rozmaitość różniczkowa (Riemanna). Globalne rozwiązania ewolucyjne Friedmana są zatem deterministyczne, a zjawiska lokalne mają charakter statystyczny, zgodny z równaniami termodynamiki relatywistycznej.

Taki opis nie obejmuje oczywiście zjawisk mikroświata²⁴, procesów o naturze stochastycznej i chaotycznej, oddziaływań krótkozasięgowych i ich skutków, unifikacji oddziaływań i innych, kluczowych dla współczesnej fizyki zjawisk i zależności. Podobnie niezgodne z pierwotnymi założeniami modelu wydają się fakty obserwacyjne i teoretyczne o charakterze globalnym, jak choćby odkrycie niejednorodności rozkładu materii we Wszechświe-

²² Jest to tożsame z żądaniem jednoczesnego zachowania zgodności, fizyczności i prawomocności modelu kosmologicznego na każdym jego poziomie istotności.

²³ Zob. np. (13, 14, 10).

²⁴ Do ich opisu konieczna jest geometria oparta na przestrzeni Hilberta.

cie w skali metagalaktycznej (Wielki Atraktor) lub istnienie osobliwości czasoprzestrzennych²⁵.

Na gruncie modelu nie potrafimy zatem wejrzeć w naturę takich zagadnień, jak choćby unifikacja oddziaływań (inne symetrie próżni). Podobnie nie jesteśmy w stanie ocenić znaczenia tego faktu dla ewolucji kosmicznej, pomimo iż to właśnie z postaci ewolucji fredmanowskiej wnioskujemy o możliwości unifikacji w bardzo wysokoenergetycznych stanach próżni w pobliżu Big-Bangu. Dotychczasowe próby wpisania zjawisk towarzyszących zmianie symetrii Wszechświata do ewolucji standardowej (inflacji) przebiegały według wymienionej w poprzednim paragrafie koncepcji postępowania „2”, czyli „poprawiały” model standardowy w zależności od potrzeb i poziomu zaawansowania poszczególnych teorii niegravitacyjnych, co prowadziło do znanych trudności²⁶. Podobnie, nie potrafimy obecnie uzgodnić opisów zjawisk globalnych i makrozjawisk z opisem fizyki mikroświata, a nawet stwierdzić, czy zjawiska zachodzące w określonych skalach wielkości mają związek ze zjawiskami innej skali.

Tak więc, aktualny model Wielkiego Wybuchu przedstawia rzeczywistość nie do końca zgodną z naszymi o niej wyobrażeniami. Wyobrażenia te, artykułowane w hipotezach, a nawet w po części weryfikowalnych eksperymentalnie teoriach, nie wchodzą obecnie w skład opisu standardowego (od którego się wywodzą), nie tworzą też bardziej niż Big-Bang subtelnego modelu kosmologicznego. Również liczne fakty obserwacyjne, odkryte niezależnie, nie znajdują wyjaśnienia w mechanizmach standardowych. Oczywiście, nie ma w tym nic zaskakującego; wszystkie one mają swe źródła w obszarach poza dziedziną modelu Wielkiego Wybuchu.

W tym świetle próby wyjścia z impasu opisowego według recepty „1”, czyli poprzez odrzucenie modelu standardowego, nie wydają się najrozsądniejsze. Trudności modelu nie wynikają bowiem z błędów w jego konstrukcji, lecz raczej z nadmiernej mocy jego założeń. Należy mieć świadomość, że gdy te ostatnie były formułowane, stan wiedzy oraz techniczne możliwości obserwacyjne i eksperymentalne były, w odniesieniu do chwili obecnej, niezwykle skromne. Odrzucenie modelu standardowego oznacza zanegowanie nie tylko

²⁵ Warto podkreślić, że do odkrycia wymienionych (i nie tylko) faktów doszło dopiero na gruncie standardowej wizji świata; model Big-Bangu był konieczny, by właściwe pytania, choćby o wspomnianą unifikację oddziaływań, mogły zostać zadane.

²⁶ Np. tzw. zagadnienia „wyjścia z inflacji”, które zmuszało autorów kolejnych modeli inflacyjnych do czynienia coraz bardziej egzotycznych założeń odnośnie do natury pola Higgsa; por. (11).

jego treści, lecz w gruncie rzeczy zaprzeczenie całości nowożytnych i współczesnych dokonań naukowych zarówno w sensie dorobku, jak i stosowanych schematów i metod badawczych. Wydaje się więc, że droga do nowego modelu kosmologicznego jest całkiem inna i biegnie poprzez realizację koncepcji „3”, wymienionej w poprzednim paragrafie. Dotychczasowe nieliczne próby w tym zakresie zdają się potwierdzać tę tezę.

IV. PRZEDMIOTOWA I METAPRZEDMIOTOWA REFLEKSJA

W świetle dotychczasowych rozważań zadanie rozwinięcia modelu kosmologicznego do takiej postaci, by fakty fizyczne odkrywane doświadczalnie i przewidywane w hipotezach i teoriach mogły być na gruncie tegoż opisu rozważane i teoretycznie weryfikowane, wydaje się wielokierunkowe i wielopłaszczyznowe. W kontekście przedmiotowym, jak widać, należy skupić się przede wszystkim na dyskusji założeń modelu standardowego²⁷. Jak uczy przykład teorii inflacyjnych, nawet nieznaczące i zaledwie lokalne osłabienie tych założeń może prowadzić do obiecujących, weryfikowalnych²⁸ rezultatów. Scenariusze inflacyjne, zawierające mechanizmy w zasadzie usprawiedliwiające niektóre spośród obserwowanych faktów fizycznych, których naturalne wyjaśnienie w modelu standardowym nie istnieje, powstały dzięki odejściu od założenia globalnego determinizmu grawitacyjnego. Wydaje się, iż zasadne byłoby przedyskutowanie prawomocności całego zbioru założeń; teoretyczne podstawy po temu w obecnym czasie istnieją.

Zarazem wszelkie działania o znaczeniu przedmiotowym muszą być dokonywane w warunkach permanentnej refleksji metaprzedmiotowej, i to zarówno w sensie oceny ich prawomocności (odpowiedź na pytanie: czy wolno tak postąpić), jak i przy pełnej świadomości ich celu (po co tak czynimy) i znaczenia (jakie są wszelkie możliwe konsekwencje danego działania).

Próby z konstruowaniem inflacji, pomimo ich bezspornie fundamentalnego znaczenia dla rozumienia istoty modelu Wielkiego Wybuchu, nie zakończyły się jednak sukcesem w postaci rozwinięcia tegoż modelu do bardziej ogólnej postaci. Przyczyn tego stanu rzeczy należy doszukiwać się w braku metodologicznej kontroli poczynań twórców modeli inflacyjnych (Gutha, Steinhardta,

²⁷ W przeciwieństwie do dążenia ku wyrafinowanym formom opisu, co, jak widać na przykładzie inflacji, nie prowadzi do sukcesów.

²⁸ Co oznacza, że nie są to jedynie naukowe lub filozoficzne spekulacje.

Lindego i kontynuatorów). Nawet tej klasy fizycy co Hawking przez długi czas prowadzili jedynie ściśle przedmiotową analizę mechanizmów, nie wchodząc w obszar dyskusji o charakterze metaprzmiotowym²⁹. Inaczej mówiąc, prace nad inflacjami przebiegały od samego początku według wspomnianej wcześniej koncepcji „2”, bez świadomości charakteru schematu badawczego realizowanego podczas wykonywania określonych procedur, ich ogólnej prawomocności, a także bez weryfikacji globalnego znaczenia poprawek w zbiorze założeń modelu. Dlatego w scenariuszach inflacyjnych w sposób permanentny objawiały się niespodzianki w rodzaju problemu „wyjścia z inflacji” lub „potencjału efektywnego” w miejsce właśnie rozwiązywanych zagadnień „horyzontu” lub „płaskości”.

Skala różnic w podejściu do omawianego zagadnienia rozbudowy modelu uwidacznia się szczególnie mocno w porównaniu scenariuszy inflacyjnych z teorią Hellera seryjnych modeli³⁰, zrealizowaną według koncepcji „3”. Stała refleksja metaprzmiotowa oraz świadome zastosowanie określonego schematu badawczego³¹ dla osiągnięcia uprzednio zaplanowanych celów, umożliwiły stworzenie ogólnego scenariusza, wobec którego modele inflacyjne stanowią zaledwie jedną, dodajmy – bardzo podstawową, z dopuszczalnych fizycznych realizacji³². Ponadto w ujęciu tym natychmiast widoczne stają się powody, dla których „ręcznie” konstruowane inflacje, bez względu na poziom matematycznego wyrachowania, nie są w stanie w sposób ogólny rozwiązywać zasadniczych trudności standardowych bez generowania efektów ubocznych w postaci kolejnych problemów natury kosmologicznej.

W podobny sposób bardzo owocne dla rozumienia niniejszego problemu okazuje się stochastyczne podejście do opisu ewolucji Wszechświata³³, zrealizowane wedle tej samej co modele seryjne metody „3”. Stanowiące jeden z wniosków z modeli stochastycznych odkrycie, że ewolucja kosmiczna lokalnie ma zawsze charakter friedmannowski³⁴, jest znaczącym przykładem bezpośrednich korzyści z zastosowania do badań przedmiotowych metod i

²⁹ Por. znamieny fragment wypowiedzi Hawkinga w ⟨15⟩, dotyczący krytyki „nowego scenariusza inflacyjnego” Lindego.

³⁰ Zob. ⟨6⟩.

³¹ Został on przedstawiony w ⟨3⟩.

³² Dyskusja tego zagadnienia znajduje się w ⟨2⟩, a jej skrót w ⟨16⟩.

³³ Zob. ⟨17, 18⟩.

³⁴ Co pozwala lepiej zrozumieć charakter problemów standardowych i znaczenie modeli inflacyjnych i seryjnych, por. ⟨18⟩.

narzędzi z dziedziny metodologii. Bez nich bowiem odkrycie faktu w formie stwierdzenia, jak przedstawione, nie jest w sposób ogólny możliwe.

Równie interesujące są rezultaty przedmiotowej i metapredmiotowej analizy konstrukcji modelu standardowego przedstawione przez Ellisa³⁵, a także Carforę i Marcuoliego. W pierwszym ze źródeł Ellis dokonuje analizy prawomocności niektórych założeń standardowych, w drugim autorzy wyciągają istotne wnioski dotyczące ważnego w kosmologii zagadnienia tzw. wygładzania (*smoothing*), czyli przechodzenia z opisem do innej skali wielkości. Również i tu otrzymane rezultaty są konsekwencją zastosowania w przeprowadzanych analizach odniesień natury metapredmiotowej.

W związanych z omawianym tematem publikacjach ostatnich lat coraz częściej odnaleźć można refleksje o charakterze metapredmiotowym. Ich źródłem, jak się wydaje, jest po części naukowa intuicja autorów, po części zaś konieczność. Obecny bowiem stan wiedzy w naukach przyrodniczych, a szczególnie w fizyce, nie jest najwyraźniej dostateczny dla rozwiązania trudności standardowego modelu kosmologicznego. Zwyczajowo stosowane, niemal nie zmieniające się od czasów Galileusza metody modelowania i analizy nie są obecnie wystarczające dla znalezienia rozsądnych zastosowań dla posiadanych teorii i umiejscowienia odkrytych faktów fizycznych w obszarze ludzkiej wiedzy. Badania ściśle przedmiotowe zwiększają co prawda liczbę odkrywanych faktów, lecz wobec braku pomysłu na ich powiązanie za pomocą ogólnej teorii proces ten nie prowadzi do postępu o wymiarze systematycznym. Zarazem poziom zaawansowania odkryć jest na tyle wysoki i na tyle odległy od wyobrażeń zdroworozsądkowych, iż trudno jest liczyć na „przypadkowe” rozwiązanie problemów w wyniku nagłego „ośnienia” towarzyszącego równoległym badaniom o charakterze ogólnym. Tak więc, jedynie wykorzystanie narzędzi metodologicznych w procedurach badawczych daje obecnie szansę na wyjście z impasu.

Właściwym w tej sytuacji pytaniem, które należy zadać, jest: „co trzeba sobie jeszcze wyobrazić w fizyce dla rozwiązania trudności modelu kosmologicznego?”. Ewentualna odpowiedź na nie jest tożsama z określeniem priorytetów i kierunków badawczych w fizyce, czyli wyróżnieniem tego, co najistotniejsze dla rozwoju naszego rozumienia świata. Byłoby jednak naiwnością sądzić, iż sformułowanie takiej odpowiedzi jest możliwe w sposób formalny na gruncie czysto przedmiotowym, szczególnie jeśli wziąć pod uwagę obecny poziom wyrafinowania opisów fizycznych. Wpierw należy udzielić odpowie-

³⁵ (13), (19).

dzi na pytanie: „jak sobie wyobrazić”. Odpowiedź na to jest również niełatwa, lecz – być może – nie niemożliwa. Jej udzielenie jednakże wiąże się w sposób konieczny z głęboką metaprzmiotową refleksją nad całością problemu.

W świetle powyższego jedyną spośród wymienionych w rozdz. II koncepcją postępowania, której realizacja daje mierzalne szanse na sukces w postaci uogólnienia posiadanej obecnie wiedzy do bardziej niż model standardowy ogólnego opisu Wszechświata, jest koncepcja „3”, wymagająca od badacza przedmiotowej i metaprzmiotowej analizy konstrukcji modelu i odniesienia wyników tej procedury do dziedziny zjawisk stanowiących trudność. Wybór odpowiednich narzędzi i metod sposobnych do realizacji tego postulatu jest, oczywiście, kwestią do przedyskutowania, jednak niewątpliwie możliwą do realizacji, co pokazuje choćby przykład modeli seryjnych.

V. ZAKOŃCZENIE

Niniejszy artykuł ma charakter podsumowujący. Wiele z poruszonych w nim elementów i tez zostało potraktowanych szerzej w innym miejscu³⁶, dlatego nie są one obecnie bliżej omawiane i komentowane. Również wiele spośród niezmiernie istotnych dla problemu zagadnień przedmiotowych jest jedynie wzmiankowanych i opatrzonych odsyłaczem do literatury³⁷, bowiem ich dyskusowanie byłoby powtarzaniem wyartykułowanych już wcześniej treści. Rzeczą najistotniejszą, na której w niniejszym artykule skupiona została uwaga, jest refleksja nad ogólnymi metodami konstruowania modeli w kosmologii.

Obecny czas sprzyja takiej refleksji. Model Wielkiego Wybuchu, jeden z najbardziej monumentalnych pomników dwudziestowiecznego intelektu, przeżywa istotne trudności. Gorączkowe przedmiotowe próby znalezienia „lepszego” modelu, jak dotychczas nie przynoszą efektu. Koncepcja budowy całkowicie nowego modelu jest ewidentnie nieracjonalna, natomiast starania o uogólnienie opisu już posiadanego dokonują się w drodze prób i błędów, wysoce nieefektywnej, trudnej w weryfikacji i nie wiadomo, czy ogólnie prawomocnej.

³⁶ {2, 3, 10, 11, 12, 16}.

³⁷ Większość z pozycji bibliograficznych niniejszej pracy jest powtórzeniem odsyłaczy w pracach wcześniejszych; zostały one wypisane ponownie dla wygody Czytelnika.

Z przedmiotowej i metapredmiotowej refleksji nad tymi poczynaniami oraz z analizy dotychczasowych prób innego rodzaju, jak na przykład modele Hellera lub analizy Ellisa, wynika, że potencjalnie najodpowiedniejszą z metod prowadzących do rozwiązania znanych trudności jest postępowanie, w którym treści przedmiotowe oraz tradycyjny schemat badawczy podlegają permanentnemu nadzorowi o charakterze metodologicznym. Jak wynika z rozważań ogólnych oraz z dotychczasowych działań w tym względzie, metoda taka ma szansę wskazać główne kierunki badań prowadzących do rozwiązania trudności modelu standardowego. Stanowiłoby to wielki postęp, umożliwiający między innymi zwiążanie faktów fizycznych w obrębie określonych teorii oraz umiejscowienie i zastosowanie samych teorii do usprawiedliwienia określonych mechanizmów kosmologicznych uogólnionego modelu Wszechświata.

Oznaczałoby to przełamanie wieloletniego impasu w zakresie konstruowania modeli kosmologicznych.

CONCEPTIONS OF SOLVING THE DIFFICULTIES OF THE STANDARD COSMOLOGICAL MODEL

S u m m a r y

In the period of last twenty years well-known Big-Bang (standard) cosmological model meets any important theoretical difficulties, which make it not quite useful for understanding the new uncovered observational facts and data. All the subjective ways of generalizing the theory into the form of a new, more subtle, global model of the Universe, are not fully satisfied up to present. More useful for realizing this target seem to be ways of the methodological nature.

In the article one presents possible ways of generalizing the Big-Bang cosmological model in the context of the physical facts, which are not interpretable on the ground of the theory. One shows, that at present all the ideas such the type have been included into the one of three possible sets, which are one of two types: subjective or metodological nature ones.

The content of the paper concerns on questions connected with four important problems: a) what are main directions of researches in modern theoretical cosmology, which are connected with the above mentioned problem of the standard theory's difficulties, b) what is the nature and character of these researches, c) what are the main implications of such the works, d) what are possible ways (if any) of doing anything else at such the basis and which directions of researches seem to be best usable for solving the mentioned problem.

In the paper there are articulated two main conclusions. The first one is, that most hopeful way of researches is the methodological one. The second conclusion is, that in researches of the modern cosmology, tools of the methodological nature are able to be very useful for subjective analyses, especially for verificating the sets of model's boundary

conditions, what belongs to the most important questions in the process of constructing the cosmological models.

BIBLIOGRAFIA

1. F o s t e r N i g h t i n g a l e: Ogólna Teoria Względności, Warszawa, PWN.
2. M i c h n i o w s k i T.: Wszechświaty inflacyjne w świetle koncepcji modeli seryjnych, Lublin 1993 (rozprawa doktorska – mps BKUL).
3. M i c h n i o w s k i T.: Schematy badawcze w konstruowaniu modeli Wszechświata. „Roczniki Filozoficzne” 44(1996), z. 3, s. 75-86.
4. H e l l e r M.: Fizyka ruchu i czasoprzestrzeni, Warszawa 1993, PWN.
5. H e l l e r M.: Ewolucja kosmosu i kosmologii, Warszawa 1985, PWN.
6. H e l l e r M.: Seryjne modele Wszechświata, „Roczniki Filozoficzne” 15(1967), z. 3, s. 73-89.
7. L i n d e A.: *Fizika elementarnych czastec' i inflacyjna kosmologia*, Moskwa 1990.
8. E l l i s G. F. R. et. al.: Inflationary models with $\Omega \neq 0$, Phys. Lett. B 271(1991), s. 52-60.
9. D i c u s D. A. et. al.: Future of the Universe, Sci. Amer. 248(1983), z. 3, s. 74.
10. 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.
11. M i c h n i o w s k i T.: Zarys historii modeli inflacyjnych, W: Kosmos i filozofia, Kraków 1995, s. 69-91, OBI.
12. M i c h n i o w s k i T.: Pustynia czy człowieczy dom?, „Człowiek i Przyroda” 1996, nr 3, s. 27-34.
13. E l l i s G. F. R.: Cosmology and Verifiability, Q. J. of the Roy. Astr. Soc. 16(1975), s. 245-264.
14. H e l l e r M.: Konstrukcja relatywistycznego modelu Wszechświata, „Postępy Astronomii” 19(1971), nr 1, s. 45-55.
15. H a w k i n g S.: Krótka historia czasu, Warszawa 1993, Alfa.
16. M i c h n i o w s k i T.: Wszechświaty inflacyjne w świetle koncepcji modeli seryjnych – streszczenie, „Edukacja Filozoficzna” 18(1994), s. 200-204.
17. 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), nr 2, s. 82-84.
18. 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), nr 1-2, s. 13-16.
19. C a r f o r a M., M a r z o l i A.: Smoothing-out spatially closed cosmologies, Phys. Rev. Lett. 53(1984), nr 25, s. 2445-2448.