

Ewa Rydzyńska

Uwagi w sprawie równoważności pewnych modeli kosmologicznych

Studia Philosophiae Christianae 26/2, 131-136

1990

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Z ZAGADNIENÍ FILOZOFII NAUKI

EWA RYDZYŃSKA

UWAGI W SPRAWIE RÓWNOWAŻNOŚCI PEWNYCH MODELI KOSMOLOGICZNYCH

1. PRZEGLĄD NAJPOPULARNIEJSZYCH WSPÓŁCZESNYCH MODELI KOSMOLOGICZNYCH

Podstawową daną obserwacyjną, która stała się fundamentem współczesnych teorii kosmologicznych, jest przesunięcie ku podczerwieni w widmach odległych gwiazd. Powstało wiele teorii kosmologicznych, z których każda stara się wyjaśnić to zjawisko. Wymieńmy najważniejsze (najpopularniejsze) z nich.

a) Jako pierwszy podamy model *Big Bangu*. Bazuje on na rozwiązaniach równań Einsteina uogólnionych na cały Wszechświat przy pewnych upraszczających założeniach. Rozwiązania zależą np. od stałej kosmologicznej λ oraz od stałej k oznaczającej krzywiznę przestrzeni. Można rozróżnić wiele klas tych rozwiązań. Są to (w zależności od λ i k):

— Wszechświat statyczny, zwany Wszechświatem Einsteina,¹
— monotonicznie rozszerzające się modele, rozpoczynające rozszerzanie w określonej chwili z punktu początkowego osobliwego (np. dla $k = 0$ i $\lambda > 0$).

— model, który rozszerza się od skończonej wartości „promienia” R dla $t \rightarrow -\infty$ przy czym szybkość rozszerzania się stopniowo wzrasta,

— model zaczynający się w skończonym czasie z punktu osobliwego i rozszerzający się z malejącą szybkością zmierzając do określonej granicy dla R , gdy $t \rightarrow \infty$,

— modele, które oscylują między osobliwością a skończoną wartością R ,

— model, który kurczy się od nieskończoności do skończonej wartości R i potem rozszerza się znowu do nieskończoności¹.

Wszechświat w modelu *Big Bang* ma stałą masę i rozszerza się (kurczenie się byłoby niezgodne z efektem poczerwienienia).

b) Drugim modelem wyjaśniającym poczerwienienie jest model stanu stacjonarnego. Tu Wszechświat rozszerza się, ale jego gęstość jest stała, wobec czego musi ciągle powstawać nowa masa. Hoyle zmodyfikował równania Einsteina i otrzymał z nich właśnie ten model. Warto tu zauważyć, że najprostszym rozwiązaniem jego równań jest

¹ H. Bondi, *Kosmologia*, PWN, Warszawa 1965, 110—111.

model de Sittera, w którym $k = 0$ oraz $\lambda > 0$. W tym modelu $\frac{R}{R} = \text{const}$, tzn. $R(t) = e^{t/T}$.

Rozwiązanie de Sittera można także związać z modelem *Big Bangu*, ale tam przedstawiałoby ono (w przeciwieństwie do modelu stanu stacjonarnego) świat pusty, a więc jest to rozwiązanie dość nie-realne².

c) Zupełnie inne podejście w opisywaniu kosmosu zaproponował Milne w latach trzydziestych. Wyszedł on nie od lokalnie znanych praw fizyki, lecz od dość oczywistych założeń dotyczących całego Wszechświata, jak jego jednorodność i izotropowość. Dyskutował on, co to jest czas i jakie skale czasu mają szczególne znaczenie. Wyróżnił dwie. Jedną, to tzw. skalę czasu t , w którym obserwatorzy poruszają się bez wzajemnych przyspieszeń. Drugą, to skalę τ , w której obserwatorzy są w spoczynku. Znaczy to, że wyróżnił on dwa modele czasu: w jednym czasie — kosmicznym — Wszechświat rozszerza się jednostajnie, w drugiej skali czasu — w czasie lokalnym — Wszechświat jest statyczny. Milne pokazał, że lokalną elektrodynamikę można wyprowadzić z kosmologicznych postulatów w czasie t , a lokalną mechanikę Newtona — czasie τ . Tak więc we Wszechświecie statycznym efekt przesunięcia ku podczerwieni pochodzi nie z oddalania się gwiazd, lecz z różnicy między elektrodynamiką i mechaniką, a raczej rządzącymi nimi czasami. Zależność między tymi czasami wyraża wzór

$$\tau = T \ln(t/T) + T^2.$$

d) Czwartą z prezentowanych tu teorii kosmologicznych będzie kosmologia Bellerta⁴. Jest to najnowsza z opisywanych teorii i dlatego, być może, nie zdobyła sobie jeszcze takiej popularności, jak pozostałe. Bellert, podobnie jak Milne, wyszedł od ogólnych założeń dotyczących całego kosmosu, lecz za przesunięcie ku podczerwieni czynił odpowiedzialnym nie rozszerzanie się Wszechświata, tylko specjalną własność metryki. U niego Wszechświat jest statyczny, tylko odcinki oglądane z dużej odległości sumują się inaczej niż normalnie. W rezultacie Wszechświat ma skończony rozmiar. Tego typu odległość nazwał on kosmiczną w odróżnieniu od tradycyjnie sumowanej odległości zwanej lokalną. Podobnie jest z czasem (o ile chcemy utrzymać stwierdzony doświadczalnie fakt niezmienności prędkości światła względem obserwatora).

Związek między czasem kosmicznym τ , a lokalnym t , wyraża się wzorem:

$$\tau = T(1 - e^{-t/T}).$$

² Tamże, 201.

³ Tamże, r. XI.

⁴ S. Bellert, *On a New Hypothesis Concerning the Red Shift*, *Astrophysics and Space Science* 3 (1969), 268—282; S. Bellert, *On the Cosmological Red Shift*, *Astroph. Space Sci.* 7 (1970), 211—230; S. Bellert, *Does the Speed of Light Decrease with Time?* *Astroph. Space Sci.* 47 (1977), 263—276. Popularne opracowania: S. Hahn, *Czy Wszechświat rzeczywiście się rozszerza?* *Problemy* 369 (1976) XII, 25—28; E. Rydyńska, *Kosmologia Bellerta a skwantowany czas*, *Studia Phil. Chr.*, w druku.

2. DWA PASMA MODELI KOSMOLOGICZNYCH

Model świata Bellerta we współrzędnych kosmicznych, to świat statyczny i skończony. Okazało się⁵, że jeżeli równanie na przesunięcie ku podczerwieni przeliczymy w tym modelu ze współrzędnych kosmicznych na lokalne, jakby zmieniając nasz punkt widzenia z globalnego, zewnętrznego na lokalny, to otrzymamy równanie na przesunięcie ku podczerwieni z modelu Big Bangu z $k = 0$ i $\lambda > 0$, tzn. kosmos rozszerzający się monotonicznie. Natomiast modele mieszane — po przeliczeniu tylko jednej współrzędnej z kosmicznej na lokalną — dają model de Sittera (który, jak wiemy, związany jest z modelem stanu stacjonarnego).

Wystarczy zwykła zmiana współrzędnych, żeby otrzymać inny model! Dotychczas te modele rywalizowały ze sobą o miano prawdziwości. Modele te są nierównoważne fizycznie, dają różne wyniki pewnych doświadczeń, np. przesunięcia ku podczerwieni są dla nich różne. Dotychczas zwolennicy każdej z teorii zbierali dowody doświadczalne dla jej prawdziwości (każdy inne), polemizując z pozostałymi. Teraz wiemy⁶, że doświadczenia natury lokalnej będą przemawiały za teorią *Big Bangu*, globalnej — za teorią Bellerta, a te z jedną współrzędną ujętą globalnie i drugą lokalnie — za teorią stanu stacjonarnego. Czym większe bierzemy pod uwagę odległości przestrzenne i czasowe, tym bardziej doświadczenie przemawiać będzie za modelem Bellerta, a mniej za *Big Bangiem*.

Chodzi tu więc o cztery różne ujęcia tej samej rzeczywistości, o cztery różne punkty widzenia (nazywać je będziemy pierwszym pasmem czterech modeli). Wydaje się, że teoria Bellerta jest dalszym krokiem w kierunku relatywizmu w fizyce⁷; tu wynik obserwacji zależy także od punktu widzenia.

Przejdźmy teraz do jeszcze innego z wymienionych modeli, do teorii Milne'a.

Okazuje się, że Milne dokonał tego samego ze swoim modelem, co my dokonaliśmy z modelem Bellerta⁸, tylko u niego oznaczenia są odwrotne (jeden czas lokalny oznacza przez t , a kosmiczny przez τ , drugi zaś odwrotnie). Model rozszerzający się — we współrzędnych kosmicznych, staje się statyczny — w lokalnych współrzędnych. Gdy zadamy sobie trud, aby przeliczyć tylko jedną współrzędną, otrzymamy także model de Sittera.

Mamy więc, podobnie jak poprzednio, pasmo czterech modeli, w zależności od rodzaju współrzędnych.

3. RÓWNOWAŻNOŚĆ PODEJŚĆ MILNE'A I BELLERTA

Mamy więc dwa równoległe pasma modeli kosmologicznych⁹: a) ten zaczynający się od statycznego modelu Bellerta, i b) ten zaczynający

⁵ E. Rydzyska, *Bellert's Theory and Cosmology of the 20th Century*, *Astroph. Space Sci.*, w druku.

⁶ E. Rydzyska, *Kosmologia Bellerta...*

⁷ *Tamże*.

⁸ E. Rydzyska, *Certain Cosmological Models and a New Principle of Equivalence*, *Astroph. Space Sci.* 159 (1989), 11—19.

⁹ *Tamże*.

się od rozszerzającego się modelu Milne'a. Różnica na pierwszy rzut oka diametralna. Oba pasma mają swoje naukowe uzasadnienie, ale które jest prawdziwe?; musimy zastanowić się nad tym problemem.

Najpierw zauważmy, że zarówno Milne, jak i Bellert wyszli od dosłownie tych samych założeń kosmologicznych natury ogólnej: 1) doskonałej zasady kosmologicznej, 2) współcześnie uznanych założeń dotyczących natury rozchodzenia się światła.

Obaj jednak inaczej zinterpretowali naturę przesunięcia ku podczerwieni widm odległych gwiazd. Przy tych samych wzorach:

a) Milne przypisuje przesunięcie ku podczerwieni oddalaniu się gwiazd od nas i tak poprzez efekt Dopplera dającemu świadectwo rozszerzaniu się Wszechświata;

b) Bellert uważa wszelkie rozwiązania z punktem osobliwym za nienaturalne i za efekt poczerwienienia czyni odpowiedzialną strukturę metryki czasoprzestrzeni¹⁰.

Warto przy tym zauważyć, że otrzymane wzory na czas kosmiczny i lokalny w obu modelach są identyczne; jedyną nieistotną różnicą jest fakt, że Milne liczy czas od początku (który był przed czasem T) w przód, a Bellert od chwili terażniejszej wstecz.

Różnica była więc nie w matematycznym ujęciu prawdy o przesunięciu ku podczerwieni (równoważne wzory), lecz w ich filozoficznej interpretacji. Okazuje się bowiem, że wzory na poczerwienienie w tych modelach są równoważne¹¹, a więc nie da się tych modeli odróżnić żadnym doświadczeniem. Wielkość przesunięcia ku podczerwieni, czy innych parametrów są w nich nie tylko równe w danej chwili, lecz równoważne, tzn. były i będą równe zawsze. Mamy więc pewne zarejestrowane przez nas zjawiska, możemy je zmierzyć pewnymi przyrządami, ale co one kryją pod sobą, to sprawa wyboru. Mamy możliwe tu różne punkty widzenia: dynamiczny i statyczny, geometryczny — i chyba tylko od kontekstu będzie zależało, który z nich wybierzymy.

Zwróćmy jeszcze uwagę, że równoważność jest nie tylko między tymi dwoma pierwszymi modelami w obu pasmach, lecz także między całymi pasmami, tj. między modelami w tych samych współrzędnych w obu pasmach.

Równoważność jest tak daleka, że można ją przenieść na fizykę w skali makro i próbować na tym poziomie także udowodnić¹². Otóż wszystko jedno jest, czy opisujemy cząstkę jako lecącą z prędkością milnowskiego substratu w zwykłej przestrzeni, czy też nie poruszającą się, lecz oddaloną od nas o taką samą odległość (ale już odległość bellertowską) w czasoprzestrzeni Bellerta, czyli przy skróconej metryce. Cząstkę poruszającą się z inną prędkością też można zastąpić cząstką nie poruszającą się w odpowiadającymi tej prędkości miejscu i chwili w czasoprzestrzeni ze skróconą metryką. To są dwa równoważne opisy świata. Każdy z nich dysponuje innym aparatem matematycznym i dzięki temu daje swój wkład w opis prawdziwego świata¹³. Może przyzwyczaimy się wkrótce do takiego dualizmu przed-

¹⁰ S. Bellert, *On a New Hypothesis...*

¹¹ E. Rydyńska, *art. cyt.*

¹² *Tamże.*

¹³ *Tamże.*

kość — skrócenie metryki, tak jak przyzwyczailiśmy się do dualizmu falowo-korpuskularnego lub do zakrzywienia czasoprzestrzeni proponowanego przez Einsteina w zamian za przyspieszenie grawitacyjne. (Inni znowu proponują w jednej z teorii rozszerzającej się Wszechświata: jest to kwestia wyboru, czy uznamy G za stałe, a m za zmienne ze stałą prędkością, czy na odwrót¹⁴).

4. RÓŻNE SPOJRZENIA NA ŚWIAT

Jak mają się do siebie poszczególne modele w tych dwóch pasmach? Przedstawiają one ten świat w innych współrzędnych. Model Bellerta to spojrzenie globalne (we współrzędnych kosmicznych), tak jakbyśmy oglądali świat z jego brzegu. Model *Big Bangu* to spojrzenie lokalne (we współrzędnych lokalnych), tak jakbyśmy znajdowali się w centrum świata i oglądali go od środka, ekstrapolując lokalną fizykę na cały kosmos. I nic w tym dziwnego. Skoro nie ma w świecie punktów wyróżnionych, a raczej ten wyróżniony punkt: obserwator, niczym nie różni się od innych — to można powiedzieć zarówno, że każdy dowolny punkt, a więc i nasz obserwator, jest zarówno punktem brzegowym jak i centrum Wszechświata. Jeszcze dodajmy dla porządku, że model pośredni: obserwujący los Wszechświata w czasie kosmicznym, ale w swoim najbliższym otoczeniu, a więc w odległości lokalnej (lub odwrotnie) — daje nam model de Sittera, czyli chodzi tu zapewne o model stanu stacjonarnego.

Które spojrzenie jest bardziej uprawnione, to zapewne zależy od warunków i celu eksperymentu.

Zyjemy w białej dziurze — poprzez analogię do dziury czarnej. Mamy dwa czasy i odległości: lokalne i kosmiczne, które, jak wiemy od dawna, są w czarnej dziurze całkowicie uzasadnione. Tak też jest i w białej dziurze. W czarnej dziurze¹⁵ prawdopodobnie dla obserwatora tam znajdującego się, czas i przestrzeń są odwrócone. Być może więc obserwatorowi takiemu wydawałoby się, iż jest w białej dziurze (nas zaś uważałby za mieszkańców dziury czarnej). Nie ma więc innej możliwości do zaobserwowania jak świat rozszerzający się.

Ale to tylko lokalnie — globalnie mamy statyczność i horyzont zdarzeń.

Jak wytłumaczyć przejścia pomiędzy dwoma skrajnymi poziomami w ciągu modeli Milne'a, wytłumaczył już sam Milne. Modele środkowe są oczywiście co do wzoru równe modelowi de Sittera, ale jeszcze nie opracowano ich fizycznego znaczenia. Warto może by się i nad tym zastanowić. Wiemy tylko, że od strony matematycznej wzory z poszczególnych modeli pasma milnowskiego będą równoważne wzorom z modeli pasma bellertowskiego.

¹⁴ *Piąty wymiar masy*, Problemy 515 (1989) VI, 66, tłum. z *New Scientist* 1631 (1988).

¹⁵ Jak podaje J. Taylor, *Czarne dziury: koniec wszechświata?* PIW, Warszawa 1985.

REMARKS ON THE EQUIVALENCE OF SOME COSMOLOGICAL MODELS

Summary

The paper is a short discussion about the latest results of the author in the field of cosmology. Connections are shown between present cosmological models and corollaries from these connections which themselves can be called laws of physics (i.e. equivalence principle).

TADEUSZ M. SIEROTOWICZ

MIĘDZY STACJONARNYM A EWOLUCYJNYM OBRAZEM WSZECHŚWIATA

WSTĘP

Ponieważ nauka nie ogranicza się do wyrażania użytecznych prawidliwości, lecz szuka prawdy, musi uprawomocnić swoje reguły gry¹. Prowadzi zatem dyskurs uprawomocniający, zwany filozofią nauki. Pośród wielu zagadnień podejmowanych przez współczesną filozofię nauki w ramach owego dyskursu znajduje się problem wyboru teorii naukowych, który można sformułować następująco: czy można interpretować „proces zastępowania jednych teorii innymi jako rezultat stosowania określonych, uniwersalnie ważnych reguł postępowania badawczego, reguł, które dadzą się skodyfikować i przedstawić jako racjonalne?”².

Jednym ze sposobów badania tego zagadnienia jest odwołanie się do historii nauki, aby prześledzić przebieg konkurencji teorii naukowych niejako *in statu nascendi*³. Dzięki takiemu podejściu czyni się zadość nie tylko opinii lorda Bolingbroke'a, wedle której „historia jest uczeniem filozofii na przykładach”, ale również zyskuje się możliwość głębszego zrozumienia tak historii nauki, jak i filozofii nauki oraz ich wzajemnych powiązań.

W poszukiwaniu takich właśnie historycznych przykładów warto zwrócić się w stronę współczesnej kosmologii, której najnowsza histo-

¹ Parafraza słów Jean-François Lyotarda z jego artykułu *Kondycja postmodernistyczna*, Literatura na Świecie, 8—9 (1988), 280.

² S. Amsterdamski, *Między historią a metodą*, Warszawa 1983, 184—185.

³ Na temat „zwrotu ku historii” w filozofii nauki, pisze obszernie E. Mokrzycki w *Filozofia nauki a socjologia*, Warszawa 1980, s. 31—142. Autor ten komentuje m. in. podział ról (sugerowany przez znane dictum Lakatosa: „filozofia nauki bez historii nauki jest pusta; historia nauki bez filozofii nauki jest ślepa”), wedle którego filozofia nauki prezentuje dziedzinę „myśli”, a historia nauki dziedzinę „faktów”. Obszernie też przedstawia on stanowiska Feyerabenda, Kuhna, Poppera i Mc Mullina w tej sprawie.