

TERESA GRABIŃSKA

KONCEPCJA WIELU ŚWIATÓW W KOSMOLOGII

1. DWOJAKI SENS KONCEPCJI WIELU ŚWIATÓW W KOSMOLOGII WSPÓŁCZESNEJ

Koncepcja wielu światów w kosmologii może być rozumiana w dwojaki sposób. Różne są także powody wprowadzenia tej koncepcji do kosmologii w pierwszym i drugim przypadku. Z jednej strony pojawiła się ona jako panaceum na uniknięcie paradoksów i osobliwości w kosmologii standardowej /friedmanowskiej/. Zgodnie z nią nasz świat, w którym żyjemy - Wszechświat, jest jedną z wielu realizacji struktury fizyczno-matematycznej, opisywanej przez równania kosmologii. Żadna z konkretyzacji koncepcji wielu światów, która ma usunąć kłopotliwe pytania związane z osobliwością, nie została do końca uznana. W poszczególnych jej realizacjach nasz Wszechświat może, ale nie musi, być kauzalnie połączony z innymi możliwymi światami - rozwiązaniami równań kosmologicznych, może być jednym z ogniw ciągu światów /powtarzalnym lub nie/¹, może zajmować jedno z miejsc w hierarchii światów² itd. Relacje naszego Wszechświata do całej rodziny innych możliwych światów - realizacji modeli kosmologicznych mogą być różnorodne w zależności od konkretnej postaci tak rozumianej koncepcji wielu światów.

Z drugiej strony, od około ćwierćwiecza rozwija się w kosmologii nurt zwany antropicznym /antropologicznym, antropocentrycznym, antropomorficznym, antropogennym/³. W tej tzw. kosmologii antropicznej bada się warunki najbardziej istotne dla powstania życia /kosmologa-observatora/ w wyniku ewolucji struktur kosmicznych - warunki, które odróżniają nasz Wszechświat od innych możliwych rozwiązań modeli kosmologicznych⁴. W nurcie antropicznym pojawia się ciekawy, ogólniejszy od kosmologicznego - problem związku między człowiekiem-observatorem a obserwowanym Wszechświatem. W fizyce po-

dobny problem pojawił się w pierwszym ćwierćwieczu naszego wieku w związku z interpretacją wektora stanu mechaniki kwantowej. Opis ujednoczony obserwatora /przyrządu pomiarowego/ i mierzonego obiektu mikroskopowego stał się przedmiotem badań mechaniki kwantowej. Konsekwencją tych badań jest tzw. koncepcja Hugh'a Everetta wielu światów z 1957 r.⁵, która korzeniami sięga do prac Johanna von Neumanna z przełomu lat dwudziestych i trzydziestych⁶. Koncepcję tę próbuje się ostatnio stosować w kosmologii antropicznej.

W pracy przedstawimy krótko zasadnicze idee kosmologii antropicznej i podstawowe cechy koncepcji wielu światów w mechanice kwantowej. Następnie wskażemy powody, jakie doprowadziły do prób zastosowania koncepcji Everetta w kosmologii antropicznej oraz problemy natury filozoficznej, jakie pojawiają się w związku z tym.

Pierwszy rodzaj koncepcji wielu światów może, ale nie musi, mieć coś wspólnego z omawianym przez nas drugim jej rodzajem. Warto wyraźnie jeszcze raz podkreślić, że pierwszy rodzaj został powołany do uniknięcia osobliwości modeli kosmologicznych. Natomiast rodzaj drugi ma za zadanie wyjaśnić stosunek człowieka do poznawanego świata, relację między podmiotem i przedmiotem poznania.

2. NURT ANTROPICZNY W KOSMOLOGII WSPÓŁCZESNEJ

Nurt antropiczny w kosmologii powstał wraz z pojawieniem się w 1961 r. pracy Roberta H. Dickego⁷, w której autor wyjaśnił pochodzenie koincydencji wielkich liczb. Od lat dwudziestych znajdowano bezwymiarowe liczby rzędu 10^{40} lub ich potęgi /tzw. wielkie liczby Paula A. M. Diraca⁸/, zbudowane ze stałych wymiarowych fizyki. Ich sens nie był jasny, dlatego systematycznie wychodziły prace poświęcone ich interpretacji.

Dicke zajął się wyjaśnieniem koincydencji, która określała obecny wiek Wszechświata t_U /obliczony w jednostkach atomowych/

$$t_U = \frac{e^2}{G m_p m_e} = 10^{40}$$

Można postawić pytanie, czy związek ten jest rzeczywiście tylko koincydencją, tzn. przypadkową relacją między kilkoma stałymi wymiarowymi fizyki, czy też zawiera w sobie głębszy sens, wyróżnia w jakiś sposób epokę, w której żyje człowiek obserwator? Dicke zwrócił uwagę na to, że wyznaczona skala czasu nie

jest dowolna lub przypadkowa. Odpowiada ona bowiem koniecznej ilości czasu na to, aby zaszły we Wszechświecie procesy niezbędne do powstania życia i obserwatora, a ściślej mówiąc - wytworzenia w wyniku ewolucji struktur kosmicznych odpowiedniej ilości pierwiastków ciężkich. Można obliczyć, że życie może występować we Wszechświecie w epoce od t_x do $10 t_x$, gdzie t_x jest średnim czasem życia gwiazdy średniej wielkości i $t_x \approx 10^{40}$ /w jednostkach atomowych/.

Dicke podał argument biologiczny, aby wyjaśnić koincydencję liczbową, która zadaje wartość wielkości fizycznej - wiek Wszechświata. Wyjaśnienie to można uogólnić w postaci tzw. słabej zasady antropicznej /ZA/, ponieważ po ukazaniu się pracy Dickego pojawiło się wiele innych prac, w których odnajdowywano koincydencje liczbowe w fizyce. Spełniały one tę postać ZA, która mówi, że "to, co spodziewamy się zaobserwować musi spełniać warunki konieczne dla istnienia człowieka-obszernika"⁹. I tak okazują się być nieprzypadkowe takie charakterystyki fizyczne, jak np. położenie naszej planety, stałe sprzężenie wszystkich czterech oddziaływań fizycznych, ilość protonów we Wszechświecie, masy cząstek elementarnych, masy kwarków, gęstość materii, stopień jednorodności i izotropowości dzisiejszego Wszechświata, globalna entropia Wszechświata, zerowa stała kosmologiczna.

Z punktu widzenia kosmologii antropicznej naturalne wydaje się więc następujące pytanie: co jest powodem tego, że z nieskończonego zbioru możliwych wartości stałych fundamentalnych i warunków początkowych, jakie mogłyby być realizowane w modelu kosmologicznym, został wybrany wyraźnie określony zbiór wartości i warunków, właśnie tych, które wyjaśniają obserwowane zjawiska? A więc istnienie człowieka obserwatora jest istotnym czynnikiem wyboru między wieloma /nieskończoną ilością światów, które mogą być opisywane przez rozwiązania równań kosmologii/. Jest to inna wersja słabej ZA.

Warto zastanowić się w tym miejscu nad tym, czy antropiczny sposób wyjaśniania /w sensie słabej ZA/ rzeczywiście wprowadza elementy obce do kosmologii rozumianej jako nauka fizykalna. Wydaje nam się, że wszelkie rozważania nad subiektywizmem nie mają w tym wypadku sensu. Słaba ZA traktuje istnienie człowieka jako pewny doświadczalny fakt, jeden z wielu pewnych rezultatów rozwoju struktur kosmicznych¹⁰.

Zasada antropiczna może zostać sformułowana także w silniejszej postaci /silna ZA/, która według Brandona Cartera¹¹ brzmi: "Wszechświat musi być taki, by dopuszczać w nim obserwatora na pewnym etapie jego ewolucji". To sformułowanie wykracza poza czysto fizyczne rozważania kosmologiczne i wyzwala wiele pytań natury filozoficznej w rodzaju: Czy celem powstania i istnienia Wszechświata jest człowiek? W czyim umyśle ten cel postawiony został przed Wszechświatem? Czy w związku z tym odżywa biblijna prawda, że Bóg uczynił świat dla człowieka? Czy istnieje tylko to, co jest postrzegane? Czy może istnieć Wszechświat bez człowieka - obserwatora? Czy trzeba mówić raczej o nierozdzielnej unii świadomości /człowieka poznającego/ i struktur materialnych /fizyczny Wszechświat/ zamiast osobno o poznaniu i obiekcie poznania?¹²

Wiele takich jak podane i podobnych pytań daleko wykraczających poza czysto fizyczny charakter rozważań, skłonił niektórych kosmologów do przeszczepienia na grunt kosmologii koncepcji wielu światów w mechanice kwantowej, w której zakłada się realność wszystkich możliwych światów. Celem tego zabiegu miało być zredukowanie silnej wersji ZA do słabej i tym samym uniknięcie filozoficznych i teologicznych rozważań w kosmologii antropicznej¹³. Okazuje się jednak, że zabieg ten nie jest skuteczny i w dalszym ciągu dopuszcza sformułowanie pytań natury metafizycznej. Nim się o tym przekonamy, zapoznamy się krótko z koncepcją wielu światów Everetta.

3. KONCEPCJA WIELU ŚWIATÓW W MECHANICE KWANTOWEJ

W przeciwieństwie do fizyki klasycznej akt obserwacji lub pomiaru nie jest niezależny od obserwowanego /mierzonego/ obiektu mikroskopowego. Johann von Neumann¹⁴ zbudował na przełomie lat dwudziestych i trzydziestych spójny opis układu obserwator-obiekt obserwowany, który rozwinął i uogólnił Everett w koncepcji wielu światów¹⁵.

W koncepcji tej funkcje falowe opisują zarówno stan obiektu mikroskopowego, jak i stan obserwatora /przyrządu pomiarowego/. Funkcja falowa obserwatora ψ^0 /A, B, ..., C/ różni się tym od funkcji falowej stanu obiektu mierzonego, że posiada dodatkową charakterystykę, którą można nazwać pamięcią. Kolejne konfiguracje pamięci /A, B, ..., C/ odpowiadają doświadczeniu obserwatora w kolejnych /uporządkowanych w czasie/ aktach pomiaru. Jeżeli więc obserwator mierzy pewną wielkość

fizyczną w stanie, który jest superpozycją stanów własnych operatora, odpowiadającego tej wielkości, to akt pomiaru przekształci funkcję obserwatora wzbogacając jej pamięć o konfigurację odpowiadającą danej wartości własnej.

Tę prostą regułę transformacji funkcji falowej obserwatora i obserwowanego układu można w łatwy sposób uogólnić na większą ilość układów mierzonych i na różne wielkości mierzone. Rozpatrzmy np. jeszcze jeden przypadek, gdy obserwator mierzy tę samą wielkość w oddzielnych identycznych układach S_1, S_2, \dots, S_m , które są przed pomiarem w tym samym stanie:

$$\psi^{S_1} = \psi^{S_2} = \dots = \psi^{S_m} = \sum_i a_i \phi_i$$

gdzie a_i i ϕ_i są odpowiednio wartościami własnymi i stanami własnymi wielkości, która ma być mierzona /każdy z układów jest izolowany i jeszcze nie poddany pomiarowi/. Wtedy funkcja falowa układu złożonego $\sqrt{r} S_1 + S_2 + \dots S_m + 0$ przed pomiarem w następującej postaci

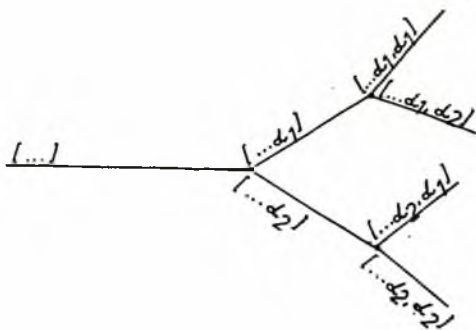
$$\psi^{S_1+S_2+\dots+S_m+0} = \psi^{S_1} \psi^{S_2} \dots \psi^{S_m} \psi^0 (\dots)$$

po dokonaniu $r \leq m$, pomiarów przechodzi w

$$\psi_r^{S_1+S_2+\dots+S_m+0} = \sum_{i,j,k} a_i a_j \dots a_k \phi_i^{S_1} \phi_j^{S_2} \dots$$

$$\phi_k^{S_r} \psi^{S_{r+1}} \dots \psi^{S_m} \psi^0 (\dots \mathcal{L}_i^1, \mathcal{L}_j^2, \dots, \mathcal{L}_k^r, (1))$$

Z takiego sformułowania koncepcji pomiaru wnioskujemy, że chociaż aktów pomiaru może być dużo, to tylko jeden układ fizyczny reprezentuje obserwatora. Z powodu tej wyróżnionej roli układu obserwatora i wielkości kolejnych aktów obserwacji, stan obserwatora rozgałęzia się w każdym akcie pomiaru na wiele różnych konfiguracji stanów. Każda gałąź odpowiada stanowi własnemu układu mierzonego. Wszystkie te odgałęzienia współistnieją w superpozycji. Ilustracja prostego drzewa dla formuły /1/, gdy $r = 2, 1, j = 1, 2$ jest następująca¹⁶:



Ostateczne sformułowanie kwantomechanicznej koncepcji wielu światów jeszcze wymaga wprowadzenia miary prawdopodobieństwa dla poszczególnych elementów superpozycji /gałęzi grafu/, ale nas tu interesują tylko jakościowe aspekty koncepcji Everetta wielu światów.

Interpretacja wieloświatowa mechaniki kwantowej pozwala traktować mniej lub bardziej prawdopodobne stany cząstek /mierzone przez obserwatora/ na tym samym poziomie rzeczywistości: każdy z tych stanów jest realizowany w którymś ze światów. Pomiar dokonuje jedynie selekcji tych stanów, a więc za każdym razem dokonuje wyboru świata /gałęzi/.

Należy wspomnieć, że idea /nieskończenie/ wielu światów została do filozofii wprowadzona przez Leibniza /teoria monad/, a niedawno do logiki przez Kripkego. Światy Leibniza w tym są podobne do światów Everetta, że każdy z nich jest wewnętrznie spójny: w koncepcji Everetta spełnione są w każdym z nich prawa mechaniki kwantowej. Różnica polega na tym, że u Everetta wszystkie światy są jednakowo realne /stany cząstek, które są w nich realizowane, mogą być mierzone przez człowieka-obszawatora/, natomiast u Leibniza zasada rzeczywistości wyróżnia nasz świat spośród innych jako ten, w którym maksymalizuje się ekonomia rozwoju, doskonałości struktur, optymalizują prawidłowości.

4. PROBLEMY Z ZASTOSOWANIEM EVERETTA KONCEPCJI WIELU ŚWIATÓW W KOSMOLOGII

Zaproponowany przez Everetta zespół światów powinien zawierać wszystkie możliwe warunki początkowe rozwoju materii,

które dadzą się opisać za pomocą formalizmu mechaniki kwantowej. Zastosowanie tej koncepcji w kosmologii polega na prostym jej zaakceptowaniu i wzbogaceniu charakterystyk gałęzi o wszystkie możliwe wartości stałych fundamentalnych fizyki. W przyjętym punkcie widzenia nasz Wszechświat jest tylko jedną gałęzią w drzewie wszystkich możliwych światów o różnych wartościach własnych operatorów kwantowo-mechanicznych, stałych fizycznych, warunkach początkowych.

Paul Davies¹⁷ stawia tezę, że everettowska koncepcja wielu światów zastosowana w kosmologii rozwiązuje problemy związane z silną wersją zasady antropicznej. Nie ma bowiem już mowy o jednym Wszechświecie, który istniałby dla człowieka, ale o wielu /nieskończenie wielu/ równouprawnionych światach, spośród których jeden o określonym /ale w niczym niewyjątkowym/ zestawie warunków początkowych i stałych fundamentalnych jest akurat naszym światem. Jeśli przyjąć za Daviesem taką interpretację, to wydaje się na pierwszy rzut oka, że istotnie pozostaje jako jedyna i wystarczająca słaba wersja zasady antropicznej, która w sposób odwrotny do dedukcyjnego wyjaśnia, dlaczego nasz świat posiada takie a nie inne własności.

Niestety, optymizm Daviesa należy znacznie osłabić z następujących powodów:

1. W interpretacji wielu światów mechaniki kwantowej każda gałąź /każdy świat/ jest realizowana, tzn. w każdej z nich może pojawić się człowiek obserwator i zmierzyć tę lub inną charakterystykę układu mikroskopowego. Różne światy nie mogą być tylko realizowane na raz. Natomiast w koncepcji wielu światów w kosmologii, podobnie jak w koncepcji wielu światów /monad/ Leibniza, tylko jeden świat jest realizowany w tym sensie, że istnieje w nim człowiek-obszawator. A odpowiednikiem leibnizowskiej zasady realności może być właśnie silna zasada antropiczna. Można by więc twierdzić, że silna zasada antropiczna obowiązuje nadal, tyle tylko że nie w naszym Wszechświecie a w zespole światów.

2. Jedynym sposobem usunięcia silnej zasady antropicznej z zespołu światów jest uznanie za realne wszystko, co da się otrzymać z równań fizyki. Jest to teza dyskusyjna, a jej rozstrzygnięcie nie należy do fizyki, ale zależy od stanowiska filozoficznego wobec realizmu.

3. Jeśli zaakceptuje się koncepcję wielu światów jako rozwiązanie problemów związanych z silną wersją zasady antro-

picznej, to można zapytać o charakter uzgodnienia pomiędzy innymi światami. Można sobie bowiem wyobrażać, że inne światy, chociaż nie ma w nich człowieka-observatora są poznawalne dzięki temu, że obowiązują w nich prawa i warunki, które teoretycznie da się odtworzyć przez człowieka-kosmologa. Powstaje więc pytanie, czy istotniejsza dla związku między człowiekiem i Wszechświatem jest świadomość istnienia Wszechświata /innych światów w sensie możliwych rozwiązań równań/ czy materialne pokrewieństwo człowieka z Wszechświatem?

Już choćby w związku z podanymi wyżej wątpliwościami można podejrzewać, że everettowska koncepcja wielu światów nie usuwa pytań związanych z silną zasadą antropiczną, lecz jedynie przesuwają je jakby o piętro wyżej - do zespołu światów: chodzi tu przede wszystkim o pytania dotyczące celowości i pierwotnej przyczyny powstania zespołu światów oraz ich wzajemnej organizacji¹⁸.

PRZYPISY

¹ Porównaj np. prace: A. D. S a c h a r o w. Mnogolistnyje modeli wselennoj. "Żurnal Eksperimentalnoj i Teoreticzeskoj Fizyki" 83:1982 s. 1233-1240; t e n ż e. Kosmologiczeskie pierierieohody o izmienieniem signatury metriki. Tamże 87: 1984 s. 375-383.

² Porównaj np. prace: P. C a l d i r o l a, M. P a v s i o, E. R e c a m i. Explaining the Large Numbers by a Hierarchy of Universes: A Unified Theory of Strong and Gravitational Interactions. "Il Nuovo Cimento" 48 B:1978 s. 205-271; E. R e c a m i. An Introduction to 'Extended', 'Projective', and 'Conformal' Relativities. Preprint INFN/AE-78/6. Catania 1978.

³ W literaturze spotyka się różne określenia tego nurtu. W pracy przyjmujemy określenie "antropiczny" od angielskiego "anthropic", aby termin ten określał wyłącznie nowy kierunek w kosmologii i nie kojarzył się np. z tradycyjnymi prądami w filozofii.

⁴ Porównaj np.: J. D. B a r r o w. The Lore of Large Numbers: Some Historical Background to the Anthropic Principle. "Quartely Journal of the Royal Astronomical Society" 22:1981 s. 388-420; P. C. W. D a v i e s. The Anthropic Principle. "Progress in Particle and Nuclear Physics" 10:1983 s. 1.

⁵ H. E v e r e t t. III 'Relative State' Formulation of Quantum Mechanics. "Reviews of Modern Physics" 29:1957 s. 454-462; J. A. W h e e l e r. Assessment of Everett's 'Relative State' Formulation of Quantum Theory. "Reviews of Modern Physics" 29:1957 s. 463-465.

⁶ J. v o n N e u m a n n. Mathematische Grundlagen der Quantenmechanik. Springer Verlag. Berlin 1932 rozdz. V i VI.

⁷ R. H. D i o k e. "Nature" 192:1961 s. 440.

8 P. A. M. D i r a c. "Nature" 139:1937 s. 323; "Proceedings of the Royal Society" 165 A:1938 s. 199.

9 Porównaj: D i c k e, jw. 1961, przypis 7.

10 Warunki powstania człowieka jako struktury materialnej i warunki utrzymania życia są jednymi z najlepiej określonych parametrów w kosmologii. Charakterystyki wielu innych struktur kosmicznych, ich powstanie i rozwój zależą w dużej mierze od przyjętych scenariuszy ewolucji Wszechświata w pierwszych erach jego istnienia oraz od scenariuszy powstania wielkoskalowej struktury materii.

11 B. C a r t e r. 1974 Large Number Coincidences and the Anthropic Principle in Cosmology. W: Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data. Ed. M. S. Longair, D. Reidel. Dordrecht 1974 s. 291-298.

12 Te i inne zagadnienia podobnej natury zostały poruszone w pracach M. Zabierowskiego: Zasada antropiczna w fizyce współczesnej /będzie opublikowana w "Z zagadnień filozofii przyrodoznawstwa i filozofii przyrody". T. 9/, 1985 Filozoficzne konsekwencje zasady antropicznej /będzie opublikowana w "Z zagadnień filozofii przyrodoznawstwa i filozofii przyrody". T. 10. 1986; 1987 Antropizm kosmografii fraktalnej /w przygotowaniu do druku 1987/; Elementy antropiczne w interpretacjach mechaniki kwantowej Weizsäckera i Everetta /w przygotowaniu do druku - 1987/; Antropiczny charakter II. zasady termodynamiki w teorii Prigogine'a /w przygotowaniu do druku - 1987/.

13 Por. D a v i e s, jw.

14 Por. v o n N e u m a n n, jw.

15 Por. E v e r e t t, jw. W pracach von Neumanna i Everetta próbuje się rozwiązać problem dualizmu deterministyczno-probabilistycznego w mechanice kwantowej: układ kwantowy pozostawiony samemu sobie spełnia deterministyczne równania Schrödingera, natomiast układ kwantowy poddany pomiarowi zachowuje się w sposób losowy. Rezultatem rozwiązania Everetta i von Neumanna jest uogólniona funkcja falowa, która spełnia równanie Schrödingera i jest superpozycją funkcji falowych obserwatora i mierzonego obiektu kwantowego.

16 Por. Z a b i e r o w s k i. Elementy antropiczne w interpretacjach mechaniki kwantowej Weizsäckera i Everetta.

17 D a v i e s, jw.

18 Porównaj z dokładną analizą problemów związanych z silną ZA w pracach Zabierowskiego /Zasada antropiczna w fizyce współczesnej; Filozoficzne konsekwencje zasady antropicznej; Elementy antropiczne w interpretacjach mechaniki kwantowej Weizsäckera i Everetta/.

THE CONCEPT OF MULTITUDE OF UNIVERSES IN COSMOLOGY

S u m m a r y

In the article two ways of understanding of multitude of universes in modern cosmology are presented. One of them allowing to avoid the strong anthropic principle /namely the Everett's concept taken from quantum mechanics/ has been given more consideration. It has been shown that by doing this the strong anthropic principle is only shifted to the ensemble of universes.