

Justyna Szatan

Politechnika Warszawska

Warsaw University of Technology

CZY WSZECHŚWIAT JEST DOSTROJONY DO ŻYCIA?

Is the Universe Fine-Tuned for Life?

Słowa kluczowe: kosmiczne koincydencje, subtelne dostrojenia Wszechświata do życia, wyjaśnianie antropiczne, hipoteza wielu światów, teizm, naturalizm.

Key words: cosmic coincidences, fine-tuning of the Universe for life, anthropic explanation, multiverse, theism, naturalism.

Streszczenie

Dzięki osiągnięciom współczesnej kosmologii w badaniu wielkoskalowego Wszechświata możliwe było ukazanie związków pomiędzy parametrami i stałymi fizycznymi opisującymi Wszechświat a bazowymi charakterystykami życia. Szybko zauważono, iż najmniejsza nawet zmiana tych wartości nie pozwoliłaby na wyewoluowanie życia opartego na węglu. Ponieważ uważano, że fakt dostrojenia Wszechświata do życia domaga się wyjaśnienia, a nauki przyrodnicze go nie dostarczają, zaproponowano inne sposoby wytłumaczenia tego, co współcześnie nazywa się kosmicznymi koincydencjami. Celem niniejszego artykułu jest prześledzenie klasycznych stanowisk i rozważenie, czy któreś z nich dysponuje mocniejszymi argumentami w tym względzie.

Abstract

Modern cosmology not only has helped to gain knowledge about the large scale Universe, but also has presented some connections between parameters of the Universe, physical constants and basic characteristics of life. It has been noted that even small change of these values would cause lack of proper conditions for carbon based life to evolve. There are many views that fine-tuning of the Universe for life has to be explained. According to the most of them the problem cannot be explained by science only, so there are proposed other explications of what we call cosmic coincidences. The aim of this paper is to analyze some classic possible explanations of fine-tuning and to check if and which of them are confirmed.

Wprowadzenie

Powstanie kosmologii relatywistycznej umożliwiło zdobycie wielu istotnych informacji na temat Wszechświata w jego wymiarze globalnym. Mimo iż jest to dyscyplina stosunkowo młoda, osiągnęła już bardzo wiele. Szybko doskonalące się narzędzia matematyczne i rozwój w dziedzinie obserwacji pozwoliły ustalić istotne informacje dotyczące m.in. kształtu, wieku, tempa ekspansji czy przebiegu ewolucji Wszechświata. Wyłonienie tych własności ukazało swoiste powiązanie pomiędzy określającymi je parametrami i stałymi fizycznymi a bazowymi charakterystykami życia. Zauważono również, iż własności te mieszczą się w bardzo wąskich przedziałach liczbowych i nawet najmniejsza ich zmiana nie pozwoliłaby na wyewoluowanie życia opartego na węglu. Związki te nazywane są kosmicznymi koincydencjami, kosmicznymi zbiegami okoliczności lub delikatnymi dostrojeniami¹.

Zaistnienie we Wszechświecie warunków sprzyjających życiu biologicznemu wydaje się nakładać na jego strukturę istotne ograniczenia, abyśmy mogli bowiem w nim zaistnieć, nie może on wyglądać dowolnie. Pojawienie się życia wydaje się bardzo mało prawdopodobne i dlatego domaga się wyjaśnienia. Zaczęto stawiać pytania: czy Wszechświat został nam dedykowany, czy jednak istnieje możliwość wyjaśnienia subtelności dostrożeń fizyką samego Wszechświata? Innymi słowy: czy Świat powstał, abyśmy my mogli w nim zaistnieć, czy też my zaistnieliśmy, ponieważ pozwoliły na to warunki Wszechświata?

Wielu badaczy uważa, że subtelne dostrojenia trudno wytłumaczyć obecnym stanem nauki², a ponieważ brak jest zadowalającego wytłumaczenia na gruncie nauk przyrodniczych, zaproponowano pewien nowy sposób podejścia do tego typu zagadnień, który nazwano wyjaśnianiem antropicznym. Jednak ten rodzaj wyjaśniania nie usatysfakcjonował uczonych i wielu z nich³ zaczęło szukać własnych odpowiedzi na postawione wyżej pytania.

Obecnie w wyjaśnianiu kosmicznych koincydencji wyodrębnić można cztery zasadnicze stanowiska: odwołujące się do koncepcji wielu światów, powołu-

¹ Por. np. P. Davies, *The Accidental Universe*, Cambridge 1982; J. Gribbin, M. Rees, *Kosmiczne zbiegi okoliczności: ciemna materia, ludzkość i antropiczna kosmologia*, Warszawa 1996; J. Leslie, *Przejawy delikatnego dostrojenia*, „Zagadnienia Filozoficzne w Nauce” 1994, t. XVI, s. 27–62.

² Zobacz np. N.A. Manson¹, M.J. Thrush, *Fine-Tuning, Multiple Universes, and the “This Universe” Objection*, “Pacific Philosophical Quarterly” 2003, t. 84 (1), s. 67–83; D. Parfit, *Why Anything? Why This?*, “London Review of Books” 1998, nr 22, s. 24–27.

³ Por. P.A. Wilson, *What Is the Explanandum of the Anthropic Principle?*, “American Philosophical Quarterly” 1991, nr 28(2), s. 167–173; Q. Smith, *The Anthropic Principle and Many-Worlds Cosmologies*, “Australasian Journal of Philosophy” 1985, nr 63, s. 336–348; L. Smolin, *Scientific Alternatives to the Anthropic Principle*, (w:) B.Carr (ed.), *Universe or Multiverse*, New York, 2007, s. 322–365.

jące się na przypadek, odrzucające przypadkowe zaistnienie Wszechświata i wskazujące na jego zaprojektowanie oraz stanowisko, według którego dostrojenie Wszechświata da się wyjaśnić w sposób naturalny (bez konieczności przywoływania idei multiwersu)⁴.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie wyżej wymienionych stanowisk i rozważenie, czy któreś z nich dysponuje mocniejszymi argumentami oraz czy spór ten w ogóle jest możliwy do rozstrzygnięcia w świetle współczesnej nauki.

Początki wyjaśniania antropicznego – koincydencje wielkich liczb

Problematyka antropiczna w kosmologii zaczęła się pojawiać wraz z zauważeniem kwestii tzw. wielkich liczb. W 1919 r. Hermann Weyl stwierdził, że stosunek siły elektromagnetycznej do siły grawitacyjnej jest bardzo wysoki w porównaniu z innymi stałymi fizyki, których wartości są zawsze rzędu jedności⁵. Kwestią tą następnie zajęli się: Arthur S. Eddington, Paul Dirac i Pascual Jordan. Oni jako pierwsi podjęli próbę wyjaśnienia pojawiających się koincydencji wielkich liczb, skupiając się na siedmiu podstawowych stałych fizycznych, tj. ładunku elektronu, stałej Plancka, prędkości światła, masie protonu, masie elektronu, stałej grawitacyjnej oraz stałej kosmologicznej. Łącząc wyniki pomiarowe ze skali mikro z własnościami charakteryzującymi Wszechświat w wielkiej skali oraz poddając analizie wartości stałych przyrody, otrzymywali niezmiennie liczbę bliską 10^{40} .

Eddington⁶, zestawiając ze sobą masę Wszechświata i masę protonu, obliczył całkowitą liczbę cząstek we Wszechświecie, otrzymując 10^{79} . Uzyskana liczba okazała się być w przybliżeniu równa kwadratowi liczby N_1 przedstawiającej stosunek siły elektromagnetycznej do siły grawitacyjnej. Dirac⁷ natomiast zauważył, iż stosunek wieku Wszechświata do czasu przelotu światła przez klasyczny promień elektronu jest równy 10^{40} , a więc wspomnianej liczbie N_1 . Zarówno Eddington, Dirac, jak i Jordan twierdzili, że fakt ten wymaga interpretacji, sugeruje bowiem pewną zależność struktury wielkoskalowego Wszechświata od struktury atomowej materii, a to wymaga wyjaśnienia. Jednak żadna z przedstawionych przez nich propozycji nie uzyskała większej akceptacji.

⁴ Np. N. Bostrom, *Anthropic Bias: Observation Selection Effects in Science and Philosophy (Studies in Philosophy)*, New York – London 2002.

⁵ G. Gorelik, *Hermann Weyl and Large Numbers in Relativistic Cosmology*, (w:) Y. Bala-shov, V. Vizgin (eds.), *Einstein Studies In Russia*, Birkhaeuser, Boston 2002, s. 97.

⁶ A.S. Eddington, *Czy Wszechświat się rozszerza?*, Warszawa 2006, s. 100.

⁷ P.A.M. Dirac, *A New Basics for Cosmology*, "Proceedings of the Royal Society" 1938, nr 165, A, s. 200–201.

Pierwsze antropiczne wyjaśnienie koincydencji wielkich liczb podał Robert H. Dicke⁸. Zauważył on, iż wspomniana liczba N_2 przedstawiająca stosunek wieku Wszechświata do czasu przelotu światła przez klasyczny promień elektronu, musi być odpowiednio wysoka, ażeby mogły wytworzyć się ciężkie pierwiastki, na których opiera się życie. We wczesnych etapach Wszechświata mogły powstać tylko wodór, ciężki wodór, lit oraz hel, podczas gdy inne pierwiastki, takie jak tlen, azot czy węgiel, mogły powstać dopiero miliardy lat później, jako jeden z późniejszych etapów ewolucji gwiazd. Dzięki wybuchom supernowych wytworzone pierwiastki mogły rozprzestrzeniać się po całym Wszechświecie. Brak ciepłych i stabilnych gwiazd nie pozwalałby jednak na utrzymanie procesów fotosyntezy na planetach, a więc utworzenie chemicznej złożoności sprzyjającej życiu jest możliwe tylko we Wszechświecie z gwiazdami o wieku zbliżonym do gwiazdy ciągu głównego. Tak określony wiek Wszechświata pozwala na przybliżoną wartość liczb N_1 i N_2 . Stałe fizyczne, które pozwalają na określenie tych liczb, są takie, jakie obserwujemy, bowiem inna ich wartość oznaczałaby brak korzystnych warunków dla życia. To zdaniem Dicke'a wyróżnia epokę, w której żyje człowiek i pokazuje, iż koincydencje wielkich liczb nie są tylko przypadkowym zbiegiem okoliczności, lecz są w istotny sposób powiązane z powstaniem życia opartego na węglu⁹.

Na początku 1953 r. Fred Hoyle posłużył się wyjaśnianiem antropicznym przy rozwiązywaniu problemu nukleosyntezy. Próbował on rozwiązać kwestię powstania z pierwiastków lekkich takich pierwiastków, jak węgiel, czy tlen, tj. pierwiastków, na których bazuje życie. Do powstania ciężkich pierwiastków wewnątrz gwiazd dochodzi na drodze stopniowego łączenia się jąder helu z innym jądrem, w przypadku węgla jest to jądro helu łączące się z jądrem berylu. Jądro berylu powstaje przez połączenie się dwóch jąder helu i jest bardzo niestabilne, gdyż rozpada się zaraz po powstaniu, chyba że, jak przewidywał Hoyle¹⁰, jądro węgla jest w stanie wzbudzenia równym 7,65 MeV. Gdyby nie istniał węgiel, nie byłoby możliwe zaistnienie tlenu oraz innych ciężkich pierwiastków, a co za tym idzie – we Wszechświecie nie byłoby życia w obecnej postaci. Rozumowanie Hoyle'a przebiegało następująco: życie oparte na węglu istnieje w naszym Wszechświecie, a więc musi istnieć węgiel w stanie wzbudzenia równym 7,65 MeV. Ówczesnym fizykom takie rozumowanie wydawało się dość kontrowersyjne, ale – jak się okazało w wyniku przeprowadzonych później eksperymentów¹¹ – poziom wzbudzenia węgla wynosi 7,6549 MeV, czyli niemal dokładnie tyle, ile przewidywał Hoyle. Jeżeli poziom wzbudzenia byłby nieco niższy, nie powstałby węgiel,

⁸ R. H. Dicke, *Dirac's Cosmology and Mach's Principle*, "Nature" 1961, nr 192, s. 440.

⁹ Ibidem, s. 441.

¹⁰ Por. np. F. Hoyle, *Mój dom kędy wieją wiatry*, Warszawa 2001, s. 204–212.

¹¹ J.D. Barrow, F.J. Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle*, New York 1996, s. 252.

na którym opiera się życie we Wszechświecie. Mamy tu zatem kolejną swoistą koincydencję między poziomem wzbudzenia węgla a istniejącym we Wszechświecie życiem.

W 1955 r. Gerald G. Withrow postawił kolejne pytanie: czy Wszechświat mógłby mieć dwa, cztery, pięć lub więcej wymiarów, czy może trójwymiarowość jest charakterystyką niezbędną dla powstania życia? W wyniku przeprowadzonych analiz doszedł do wniosku, że jeżeli chodzi o kwestię powstania we Wszechświecie życia, to zarówno mniejsza, jak i większa od trzech liczba wymiarów przestrzeni rodziłaby istotne problemy, a zatem liczba ta musi być powiązana z możliwością zajścia ewolucji biologicznej i pojawieniem się we Wszechświecie człowieka. Podobne pytania postawił w odniesieniu do wieku i rozmiarów Wszechświata. Jeśli nawet życie nie istnieje w żadnym innym miejscu oprócz Ziemi, to i tak Wszechświat musi być odpowiednio stary i odpowiednio duży, ponieważ istniejące już życie tego wymagało. Warunki te nie mogą więc być przypadkowe, ale z konieczności są takie, jakich wymaga znane nam życie węglowe¹².

W miarę prowadzonych dociekań do koincydencji ukazujących szczegółowe związki między Wszechświatem w wielkiej i małej skali zaliczono m.in. stosunek prędkości ekspansji do prędkości ucieczki galaktyk, poziom entropii Wszechświata, stosunek siły elektrostatycznej do siły grawitacyjnej, liczbę wymiarów, asymetrię barionową, gęstość materii Wszechświata, jego płaskość, wiek, krzywiznę, wartość stałej kosmologicznej, stosunek liczby protonów do liczby elektronów¹³. Rozważając przykładowo wspomniany wcześniej stosunek siły elektrostatycznej do grawitacyjnej, okazuje się, iż wartość ta jest stała i wynosi w przybliżeniu 10^{40} . Gdyby była ona mniejsza, a więc gdyby grawitacja była silniejsza, wówczas mógłby powstać jedynie miniaturowy Wszechświat. Uległby skróceniu czas życia gwiazd, a co za tym idzie Słońce wypaliłoby się, zanim rozpoczęłaby się ewolucja biologiczna. W takim Wszechświecie nie mogłyby powstać istoty większe niż owady, bowiem wpływ grawitacji byłby tak silny, iż zostałyby one zmiażdżone pod wpływem własnego ciężaru. Innym przykładem jest tempo ekspansji Wszechświata. Gdyby było ono zbyt duże, nie mogłyby powstać gwiazdy i galaktyki, a tym samym życie biologiczne, jeśli natomiast byłoby zbyt małe, nastąpiłoby zapadnięcie się Wszechświata. Wymienione parametry kosmologiczne i stałe fizyki zdają się stwarzać precyzyjnie dostrojone warunki, ażeby mogło powstać we Wszechświecie życie biologiczne. Z tego względu, że na danym etapie rozwoju żadna z teorii przyrodniczych nie była w stanie wytłumaczyć w sposób zadowalający odkrywanych koincydencji, zaproponowano tzw. wyjaśnianie antropiczne.

¹² Por. G. J. Whitrow, *Why Physical Space has Three Dimensions*, "The British Journal for the Philosophy of Science" 1955, t. VI (21), s. 13–31; idem, *The Structure and Evolution of the Universe*, New York 1959.

¹³ Zobacz np.: M. Rees, *Tylko sześć liczb*, Warszawa 2000; D.W. Sciama, *Kosmologia współczesna*, Warszawa 1975, s. 167–169; J. Leslie, op. cit., s. 27–62.

Wyjaśnianie przy użyciu zasad antropicznych

Problematyka kosmicznych koincydencji uwyrażnia związki między życiem węglowym, nawet jeśli istnieje ono tylko na jednej planecie, a makroskalowymi własnościami Wszechświata. W zaproponowanym wyjaśnianiu antropicznym procedury eksplanacyjne wyglądają nieco inaczej, aniżeli ma to miejsce w naukach przyrodniczych. To, co podlega eksplikacji, to własności Wszechświata, które sprzyjają powstaniu życia opartego na węglu, a to, czym się posługujemy w tego typu wyjaśnianiu, to fakt istnienia życia biologicznego we Wszechświecie. Można zauważyć, że wyjaśnianie to przebiega od skutku do przyczyny, od lokalnych do globalnych własności Wszechświata, od faktu istnienia białkowych form życia do odpowiednich warunków dla jego zaistnienia¹⁴. Ponieważ ukazywane związki nie są rozumiane w sposób jednoznaczny i podlegają różnym interpretacjom, wyróżniono cztery ich rodzaje i nazwano je kolejno:

- słabą zasadą antropiczną,
- mocną zasadą antropiczną,
- finalną zasadą antropiczną,
- partycypacyjną zasadą antropiczną.

Pierwszego sformułowania słabej i mocnej zasady antropicznej dokonał Brandon Carter. W 1973 r. wystąpił on z referatem mającym wyjaśnić wspomniane wcześniej koincydencje wielkich liczb w oparciu o zasadę nazwaną przez niego „zasadą antropiczną”¹⁵. Rozważając kwestię niestabilności konwekcyjnej gwiazd oraz warunków, jakie muszą być spełnione, aby gwiazda mogła jej uniknąć, Carter doszedł do wniosku, że takie stałe, jak masa elektronu i protonu czy elektromagnetyczna i grawitacyjna stała struktury subtelnej, muszą być odpowiednio dobrane. Minimalna ich zmiana spowodowałaby niezaimstnienie znanych nam form życia, wobec czego nasze położenie we Wszechświecie wydaje się wyróżnione. Rozważania te doprowadziły Cartera do następujących sformułowań, z których pierwsze nazwane zostało słabą, a drugie mocną zasadą antropiczną:

- „Wszystko, co spodziewamy się zaobserwować, musi spełniać warunki konieczne dla naszego zaistnienia jako obserwatorów”¹⁶;
- „Wszechświat (wraz z fundamentalnymi parametrami, od których zależy) musi być taki, żeby na pewnym etapie umożliwić powstanie w nim obserwatorów”¹⁷.

¹⁴ Szerzej na ten temat pisze: J. Turek, *Wyjaśnianie antropiczne w kosmologii*, „Roczniki Filozoficzne” 2006 (54), nr 2, s. 267–297.

¹⁵ B. Carter, *Large Number Coincidences and the Anthropic Principle in Cosmology*, [w:] M. Longair (ed.), *Confrontations of Cosmological Theories with Observational Data* (I.A.U. Symposium 63), Reidel, Dordrecht 1974, s. 291–298.

¹⁶ Ibidem, s. 291.

¹⁷ Ibidem, s. 294.

Następnie John D. Barrow oraz Frank J. Tipler, odwołując się do osiągnięć z zakresu fizyki, astronomii i kosmologii, sformułowali kolejną wersję zasady antropicznej – nazywaną zamiennie finalną, celowościową lub ostateczną zasadą antropiczną. Według niej: „proces rozumnego przetwarzania informacji musi raz zaistnieć, a zaistniawszy nigdy nie może zaginąć”¹⁸. Jak twierdzą ci autorzy, z natury praw fizyki wynika konieczność pojawienia się w nim życia, a kiedy już raz się pojawi, będzie istniało zawsze. Ostatecznym celem ewolucji Wszechświata i powstania w nim życia jest punkt Ω nazywany „obserwatorem ostatecznym”, który stanowi finalny cel i w którym życie może osiągnąć kontrolę nad materią Wszechświata¹⁹.

Ostatnia z zasad, nazywana partycypacyjną, stwierdza, że obserwator jest niezbędny dla zaistnienia Wszechświata. John A. Wheeler połączył tu prowadzone rozważania antropiczne z interpretacjami mechaniki kwantowej, stwierdzając, że dzięki obserwacjom prowadzonym przez świadomego obserwatora w danym momencie czasu, Wszechświat wraz z określonymi własnościami jest przez tegoż obserwatora powoływany do istnienia. Jedynie własności poznawcze człowieka mogą zapewnić Światu aktualne istnienie, brak człowieka pociąga za sobą nieistnienie realnego Wszechświata²⁰.

Analizując przedstawione zasady antropiczne, trzeba powiedzieć, że tylko słaba zasada antropiczna, mówiąca o związku pomiędzy życiem opartym na węglu a parametrami i stałymi fizyki charakteryzującymi globalnie wzięty Wszechświat, mieści się w granicach nauk empirycznych. Nie rozstrzyga ona ani kwestii warunków początkowych, ani pochodzenia Wszechświata, stwierdza jedynie to, o czym mówią dane empiryczne, tzn. że we Wszechświecie istnieją subtelne dostrojenia parametrów i stałych fizyki, bez których życie nie mogłoby zaistnieć. Bardzo często słabej zasadzie antropicznej zarzuca się, że ani niczego nie wyjaśnia (zwłaszcza precyzyjnego dostrojenia warunków Wszechświata do życia), ani niczego nie przewiduje. Przez wielu jednak uważana jest za pewnego rodzaju test kosmologiczny, który pozwala odrzucić takie modele, w których nie będzie warunków umożliwiających powstanie życia. Jeżeli chodzi o pozostałe zasady, to zdają się one wyraźnie wykraczać poza granice nauk empirycznych, a w ich sformułowaniach pojawiają się tezy filozoficzne.

Mocna zasada antropiczna w odróżnieniu od słabej w sposób jednoznaczny rozstrzyga, że warunki początkowe Wszechświata nie mogły być inne niż te, które sprzyjały rozwojowi życia biologicznego, a więc nie mogły być inne niż te,

¹⁸ J.D. Barrow, F.J. Tipler, op. cit., s. 23.

¹⁹ Finalna zasada antropiczna rozwijana była w szczególności przez Tiplera jako Teoria Punktu Omega zobacz: F.J. Tipler, *The Omega Point as Eschaton: Answers to Pannenberg's Questions for Scientists*, "Zygon. Journal of Religion and Science" 1989, t. 24 (2), s. 217–253.

²⁰ J.A. Wheeler, *Genesis of Observership*, (w:) R.E. Butts, J. Hintikka (eds.), *Foundational Problems in the Special Sciences*, Dordrecht – Boston 1977, s. 3–33.

które realizuje nasz Wszechświat. Celem takiego Świata jest wytworzenie inteligentnego obserwatora, tak więc związki pomiędzy charakterystykami makrokosmosu i życiem węglowym mają charakter celowościowy i koniecznościowy, a jak wiadomo, stwierdzenie istnienia takich związków nie jest domeną nauk przyrodniczych.

Najmniej związany z naukami empirycznymi i najbardziej spekulatywny charakter ujawniają pozostałe dwie zasady: partycypacyjna i finalna. W pierwszej uwyraźnia się powiązanie z Berkeleyowskim sensualizmem²¹ oraz pewnymi założeniami filozofii Schellinga²², stwierdza się bowiem, że koniecznym warunkiem do zaistnienia Wszechświata jest inteligentny obserwator. Dla wyjaśnienia subtelności dostrojzeń nie wystarcza już sama obecność życia, ale życie to staje się niezbędne, aby Wszechświat mógł zaistnieć realnie. W przypadku drugiej zasady, również nie ma możliwości empirycznego zweryfikowania postulowanych w niej treści, a to wskazuje na mocno spekulatywny jej charakter.

Mimo zarzucanej zasadom antropicznemu pseudonaukowości, wielu uczonych podkreśla ich istotny wkład w dostrzeżenie związków pomiędzy naszym istnieniem, a strukturą Wszechświata²³. Mówi się, bowiem że dopiero problematyka antropiczna pozwoliła uświadomić globalne znaczenie fenomenu życia²⁴. Jeśli życie istnieje tylko na Ziemi, to i tak nakłada to pewne ograniczenia na wielkoskalową strukturę Wszechświata. Analizując zasady antropiczne, należy pamiętać, że wyjaśnienie to powstało ze względu na niemożliwość zinterpretowania kosmicznych koincydencji w świetle ówczesnej wiedzy, a przede wszystkim należy mieć na względzie, że nie jest to jedyna możliwość wyjaśnienia tych związków.

Przypadek czy Stwórca?

Jedną z alternatyw dla antropicznego wyjaśniania kosmicznych koincydencji podali teiści. Najczęściej przedstawiany przez nich argument opiera się na subtelności omawianych dostrojzeń. W punkcie wyjścia teiści wskazują, iż Wszechświat na poziomie praw przyrody, stałych przyrody oraz warunków początkowych jest taki, aby możliwe było wyewoluowanie w nim białkowych form życia²⁵. Innymi słowy, abyśmy mogli zaistnieć we Wszechświecie, musiał być spełniony

²¹ F. Copleston, *Historia filozofii*, t. 5, Warszawa 1997, s. 243–244.

²² F. Copleston, *Historia filozofii*, t. 7, Warszawa 2006, s. 95–112.

²³ Np. M. Livio, M.J. Rees, *Anthropic Reasoning*, “Science, New Series” 2005, t. 309, nr 5737, s. 1022–1023.

²⁴ Ibidem.

²⁵ Szerzej na ten temat: R. Collins, *The Teleological Argument: An Exploration of the Fine-Tuning of the Universe*, (w:) W.L. Craig, J.P. Moreland (eds.), *The Blackwell Companion to Natural Theology*, Oxford 2009, s. 211–222.

szereg bardzo specyficznych warunków, bez których wyewoluowanie życia nie byłoby możliwe. Zwracając uwagę na fakt precyzyjnego dopasowania własności Wszechświata do pojawienia się w nim życia biologicznego, zaczęto pytać: dlaczego parametry i stałe fizyki opisujące Wszechświat w wielkiej skali zdają się tak bardzo sprzyjać życiu?²⁶

Wśród udzielanych odpowiedzi pojawiały się stwierdzenia, iż owa precyzyjna kombinacja może być dziełem przypadku. Zwolennicy tego podejścia wyjaśniali, że Wszechświat musiał posiadać jakieś własności i przypadkowo złożyło się tak, że parametry i stałe fizyki są takie, żeby mogło pojawić się w nim życie. Obserwowane dostrojenia są jedynie przejawem szczęśliwych zbiegów okoliczności.

Teiści wskazują jednak, że takie wyjaśnienie nie jest satysfakcjonujące z tego względu, że przedziały wartości sprzyjających życiu są niezmiernie wąskie. Przykładowo: jeżeli jeden żołnierz plutonu egzekucyjnego mający wykonać wyrok na więźniu spudłuje, to więzień ten nie stara się wytłumaczyć tego faktu, bo być może było to wynikiem szczęśliwego zbiegu okoliczności, ale jeżeli pięćdziesięciu strzelców naraz nie trafi i więzień przeżyje, to w sposób naturalny zacznie się on zastanawiać, dlaczego tak się stało²⁷. Należy wziąć pod uwagę fakt, że prawdopodobieństwo subtelnego doprecyzowania parametrów Wszechświata do życia jest bardzo małe (bliskie zeru), a taki stan rzeczy musi mieć swoją przyczynę. Twierdząc, iż precyzyjne dostrojenie pomiędzy określającymi Wszechświat parametrami i stałymi fizycznymi a bazowymi charakterystykami życia nie może być dziełem przypadku, teiści mówią, iż: „[...] siły, masy i z pewnością wiele innych czynników [...], zostały tak dobrane, aby uczynić rozwój życia możliwym. Były one wybrane przez Myśl lub przez bardziej abstrakcyjną Zasadę Kreatywną, która ma wystarczające powody, aby nazywać się »Bóg«”²⁸.

Wszechświat zdaje się być dostrojony tak, żebyśmy mogli w nim zaistnieć. Zważywszy na to, że istnieje tylko niewielki przedział wartości, które umożliwiają powstanie życia, musi istnieć przyczyna takiego stanu rzeczy. Wszechświat jest taki, ponieważ Ktoś go w taki sposób zaprojektował. Teistyczny argument z subtelności dostrojzeń chce wykazać, że dla tak dużego nieprawdopodobieństwa zaistnienia życia we Wszechświecie teza o istnieniu Boga, który precyzyjnie dopasował parametry i stałe fizyki, jest najlepiej uzasadniona i najbardziej prawdopodobna spośród wszystkich proponowanych w tym względzie wyjaśnień (jest to

²⁶ Patrz np. P. Davies, *God and New Physics*, New York 1983, s. 189; J. Tempelton, *The Humble Approach: Scientists Discover God*, Philadelphia 1998, s. 19; A. McGrath, *Glimpsing the Face of God: The Search for Meaning in the Universe*, Grand Rapids 2002, s. 19; R. Collins, *God, Design, and Fine-Tuning*, (w:) R. Martin, C. Bernard (eds.), *God Matters: Readings in the Philosophy of Religion*, New York 2002, s. 54–65.

²⁷ Za: J. Gribbin, M. Rees, op. cit., s. 255.

²⁸ J. Leslie, op. cit., s. 29.

tw. argument z najlepszego wyjaśnienia)²⁹. Należałoby zatem sprawdzić, czy inne propozycje tłumaczące kwestię subtelnego dostrojenia Wszechświata do życia, nie są wyjaśnieniami lepszymi od wyjaśnienia teistycznego.

Hipoteza wielu światów

Jednym z przykładów innego niż teistyczne wyjaśnienia kosmicznych koincydencji jest idea wielu światów, której początki sięgają lat pięćdziesiątych XX wieku. Zgodnie z tą koncepcją, istnieje wiele możliwych światów i siłą rzeczy w zbiorze takim znajduje się również Wszechświat, który umożliwi wyewoluowanie życia.

Koncepcja multiwersu pojawiła się jako jedna z możliwych interpretacji mechaniki kwantowej zaproponowanej przez Hugh Everetta³⁰. Następnie w latach siedemdziesiątych Brandon Carter przywołał ideę wielości światów w rozważaniach dotyczących zasad antropicznych³¹. Dziś koncepcja ta stanowi jeden z ważnych elementów teorii superstun i kosmologii inflacyjnej.

Mimo iż standardowy model kosmologiczny jest dobrze potwierdzony, napotyka na kilka istotnych trudności, które na dzień dzisiejszy nie znajdują w nim rozwiązania³². W 1981 r. na problemy te zwrócił uwagę Alan H. Guth, formułując teorię inflacji. Jego koncepcja miała poradzić sobie z tym, z czym model standardowy nie mógł³³. Teorię tę antycypował później m.in. Andriej Linde, któ-

²⁹ Por. J. Turek, *Kosmologiczny kontekst formułowanych wspólnie argumentów teistycznych*, „Roczniki Filozoficzne” 2008, t. LVI, nr 1, s. 308–309.

³⁰ Interpretacja Everetta powstała jako próba rozwiązania problemu pomiaru w mechanice kwantowej, który sprowadzał się do dwóch kwestii. Pierwszą jest wyjaśnienie mechanizmu redukcji funkcji falowej (w momencie obserwacji superpozycja wielu stanów redukuje się do jednego stanu o określonej wartości). Drugą jest problem odwołania się do zewnętrznego obserwatora odpowiedzialnego za redukcję funkcji falowej dla przypadku największego z możliwych izolowanych układów, czyli Wszechświata (jeżeli pojęcie „zewnętrznego obserwatora” nie ma sensu w przypadku Wszechświata, to pytanie brzmi: co powoduje redukcję jego funkcji falowej?). Aby uniknąć tego problemu, Everett stworzył koncepcję, według której pomiar powoduje rozszczepienie Wszechświata, a w każdym nowym Wszechświecie znajduje ten sam obserwator, który otrzymuje inny wynik pomiaru. Patrz H. Everett, *“Relative state” formulation of quantum mechanics*, “Reviews of Modern Physics” 1957, nr 29(3) s. 454–462.

³¹ Dla zilustrowania prezentowanej przez siebie zasady antropicznej Carter rozważał zbiór wszystkich możliwych stałych fizycznych i parametrów Wszechświata, których dowolne kombinacje pozwalają ustalić zbiór wszystkich możliwych wszechświatów. Patrz B. Carter, op. cit. s. 295–298.

³² Chodzi tu, m.in. o problemy płaskości, horyzontu, ciemnej materii i braku proporcji między materią a antymaterią w początkowej fazie ekspansji Wszechświata.

³³ Według niej maksymalnie do 10^{-30} sekundy po Wielkim Wybuchu nastąpiło gwałtowne przyspieszenie ekspansji Wszechświata, w wyniku którego nastąpił olbrzymi wzrost jego rozmiarów. Po zakończeniu inflacji tempo ekspansji zwolniło do obserwowanej dzisiaj wartości. Alan H. Guth, *Wszechświat inflacyjny. W poszukiwaniu nowej teorii pochodzenia kosmosu*, Warszawa 2000, s. 36.

ry stworzył koncepcję tzw. chaotycznej inflacji. Jego zdaniem inflacja nie musiała być pojedynczym wydarzeniem, ponieważ z jednego świata mogą wyrastać nowe, które z kolei są początkiem powstania kolejnych światów. Dzięki fluktuacjom kwantowym może powstać ogromna liczba światów, z których każdy może mieć różne własności. Mogą one różnić się między sobą tempem ekspansji, wiekiem, strukturą, ale zbiór wszystkich razem jest nieskończony i trwa wiecznie. Jak można zauważyć, w nieskończonym zbiorze możliwych światów pojawienie się naszego Wszechświata (który ma tak dobrane warunki, aby mogło w nim zaistnieć życie biologiczne) nie jest niczym niezwykłym³⁴.

Pewnym rozwinięciem teorii Lindego jest koncepcja kosmologicznego doboru naturalnego – sformułowana przez Lee Smolina. Według tej teorii nowe Wszechświaty „rodzą się” w czarnych dziurach. Im jest więcej czarnych dziur we Wszechświecie, tym więcej potomstwa może on wydać. „Wszechświaty matki” przekazują swym dzieciom pewne cechy (prawa i stałe fizyczne), choć – podobnie jak ma to miejsce w przypadku ewolucji darwinowskiej – w procesie dziedziczenia możliwe są pewnego rodzaju odstępstwa i mutacje. Zgodnie z teorią kosmologicznego doboru naturalnego, po pewnym czasie w zbiorze Wszechświatów powinny dominować te, które mogą mieć najwięcej potomstwa, a więc te, które mają najwięcej czarnych dziur³⁵.

Innym przykładem teorii multiwersu jest cykliczny model Wszechświata zaproponowany przez Paula J. Steinhardta i Neila G. Turoka. Zgodnie z tą koncepcją, Wszechświat przechodzi pewne cykle (co pewien czas rodzi się, następnie umiera, a na jego miejsce powstaje nowy). Nasz Wszechświat powstał w wyniku Wielkiego Wybuchu, ale nie był to jedyny wybuch, do jakiego doszło. Od czasu do czasu następuje gwałtowne (przypominające wybuch) zderzenie się dwóch płaskich i równoległych położonych względem siebie czasoprzestrzeni, które zanurzone są w wyższym wymiarze (przez matematyków nazywane są one branami). Po każdym zderzeniu brany oddalają się od siebie, by następnie ponownie się do siebie przybliżyć, powodując kolejny wybuch i powstanie następnego Wszechświata. W modelu tym Wszechświaty nie istnieją równoległe ze sobą, ale powstają cyklicznie jeden po drugim³⁶.

Przedstawione przykłady pokazują, że wszystkie koncepcje multiwersu dobrze radzą sobie z wyjaśnieniem problemu dostrojenia Wszechświata do życia, bo tak naprawdę na gruncie tych teorii problem ten zanika. Odwołując się do koncepcji wielu światów, można wskazać na „niewyjątkowość” tego świata,

³⁴ A. Linde, *Eternally Existing Self-reproducing Chaotic Inflationary Universe*, “Physic Letters B” 1986, nr 175(4), s. 399.

³⁵ L. Smolin, *The self organization of space and time*, Nobel Symposium presentation, “Philosophical Transactions: Mathematical, Physical & Engineering Sciences”, 2003, t. 361, nr 1807, s. 1081–1088.

³⁶ P.J. Steinhardt, N. Turok, *Nieskończony Wszechświat. Poza teorię Wielkiego Wybuchu*, Warszawa 2009.

w którym żyjemy. Nasz Wszechświat staje się tylko jedną z wielu możliwości, która może mieć różne parametry oraz stałe fizyczne, a nawet różne prawa fizyki. Dzieje się tak zarówno w przypadku istnienia światów równoległych, jak i pojawiających się kolejno po sobie Wszechświatach. My żyjemy w takim Wszechświecie, a nie w innym, ponieważ inne światy nie posiadają warunków sprzyjających naszemu istnieniu. Widać zatem, że na gruncie tych koncepcji pytanie: dlaczego parametry i stałe fizyki opisujące wielkoskalowy Wszechświat zdają się sprzyjać życiu? – staje się bezzasadne. Pytaniem istotnym natomiast jest kwestia weryfikowalności teorii multiwersu. Podstawowym zarzutem, jaki wysuwa się przeciw tej koncepcji (pomijając szczegóły techniczne), jest kwestia jej falsyfikowalności. Wszystkie te teorie zakładają istnienie więcej niż jednego Wszechświata, i tu rodzi się pytanie, w jaki sposób możemy przekonać się o ich istnieniu lub nieistnieniu. Jak tłumaczą zwolennicy tej teorii, wprawdzie nie mamy możliwości „wyjścia” poza nasz Wszechświat i nie możemy bezpośrednio zweryfikować istnienia innych światów, ale istnieją pewne pośrednie metody, które pozwolą odpowiedzieć na to pytanie³⁷. Innymi zarzutami stawianymi teorii wielu światów jest niespełnianie metodologicznej zasady brzytwy Ockhama i postulat naukowej prostoty. Toczący się spór jest bardzo rozległy i zwłaszcza w ostatnim czasie koncepcja wielu światów podlega bardzo intensywnym dyskusjom. Tym, co niewątpliwie łączy zarówno zwolenników, jak i przeciwników tej koncepcji, jest zgoda, że w chwili obecnej teoria ta pozostaje wysoce spekulatywna. Uczni, którzy wspierają koncepcję multiwersu, twierdzą, iż jest tak z tego względu, że nie znalazła ona jeszcze swego potwierdzenia, przeciwnicy natomiast wskazują na spekulatywny charakter tej idei, ponieważ w żadnej chwili nie będzie możliwe potwierdzenie istnienia wielu światów.

Próba wyjaśnienia subtelnosci dostrojeń za pomocą fizyki – propozycja Victora J. Stengera

Oprócz podanych wyżej możliwych wyjaśnień kosmicznych koincydencji, istnieje jeszcze jedno stanowisko, reprezentowane m.in. przez Victora J. Stengera, które z jednej strony miałoby być alternatywą dla wyjaśniania teistycznego, a z drugiej pozwalałoby uniknąć zarzutów stawianych koncepcji multiwersu. Zdaniem Stengera jest możliwe naturalne, tj. oparte na fizyce i kosmologii, wyjaśnienie kosmicznych koincydencji. Co więcej, jest to najbardziej spójne, a więc

³⁷ Liczne argumenty za możliwością testowania teorii multiwersu wysuwają np. L. Smolin, D.N. Page, M. Rees, M. Tegmark. Argumenty te, jak również ich krytykę można znaleźć w: B. Carr (ed.), *Universe or Multiverse?*, New York 2007 oraz P.J. Steinhardt, N. Turok, op cit.

najlepsze możliwe wyjaśnienie tego, co my nazywamy kosmicznymi zbiegami okoliczności³⁸.

Dzięki nauce człowiek jest w stanie wyjaśnić to, co kiedyś uważane było za działanie sił nadprzyrodzonych, a co najważniejsze – wyjaśnienia naukowe nie muszą być atrakcyjne, wystarczy, że dobrze działają (dobrze opisują funkcjonowanie przyrody). Nauka nie potrzebuje wspierać wiary w siły nadprzyrodzone, ponieważ jest w stanie obejść się bez czynnika pozaświatowego. Stenger uważa, że nie ma potrzeby odwoływania się do koncepcji multiwersu, aby możliwe było inne niż antropiczne, teistyczne lub odwołujące się do przypadku wyjaśnienie kosmicznych koincydencji.

Argumentacja z subtelności dostrojonej opiera się na założeniu, iż liczne parametry kosmologiczne i stałe fizyki zdają się stwarzać precyzyjne warunki, ażeby we Wszechświecie mogło powstać życie oparte na węglu. Stenger dostrzega trzy zasadnicze błędy w tego typu założeniu³⁹. Po pierwsze, błędem jest promowanie tzw. szowinizmu węglowego, czyli zakładanie, że jeżeli życie na Ziemi oparte jest na węglu, to jedyny możliwy typ życia we Wszechświecie również opiera się na tym pierwiastku. Nauka dopuszcza istnienie życia opartego na innych pierwiastkach, np. na krzemie. Stenger podczas swoich rozważań zauważa jednak, że nawet jeśli możliwe jest życie oparte na innych pierwiastkach, nadal potrzebny jest odpowiednio stary Wszechświat, który pozwoli na wyewoluowanie życia. W tym miejscu pyta on jednak, czy rzeczywiście przedziały parametrów sprzyjających życiu są tak wąskie, jak się powszechnie uważa. Jego zdaniem niewłaściwe jest mówienie o wąskich przedziałach parametrów, które dopuszczają zaistnienie życia, jeżeli przy ustalaniu tych przedziałów zmieniamy tylko jeden parametr, a drugi pozostawiamy bez zmian. Ogólne własności Wszechświata są zdeterminowane przez cztery stałe: moc oddziaływań elektromagnetycznych, moc oddziaływań jądrowych silnych, masę protonu i masę elektronu. Aby pokazać, jaki mógł być Wszechświat, gdyby posiadał inne wartości stałych i czy dopuszczałby on istnienie życia, Stenger stworzył program „Monkey God”⁴⁰. Program ten pozwala na obliczenie wieku życia gwiazd ciągu głównego według formuły:

$$t_s = (\alpha^2 / \alpha_G) (m_p / m_e)^2 \hbar / (m_p c^2)^{-1}$$

gdzie: α – stała struktury subtelnej, α_G – siła oddziaływań grawitacyjnych, m_p – masa protonu, m_e – masa elektronu, \hbar – stała Plancka podzielona przez 2π , c – prędkość światła.

³⁸ Swoją argumentację V.J. Stenger przedstawia w licznych artykułach, np. *The Anthropic Coincidences a Natural Explanation*, „Philo” 2000, t. 3, nr 2, s. 50–67; *The Fallacy of Fine Tuning: Why The Universe Is Not Designed For Us*, New York 2011.

³⁹ Całość przedstawionej w niniejszym paragrafie argumentacji zawarta jest m.in. w: V.J. Stenger, *The Anthropic Coincidences...*

⁴⁰ Program wraz z instrukcją obsługi znaleźć można [online] <www.colorado.edu/philosophy/vstenger/VWeb/Home.html>, dostęp: maj 2013.

Mogąc dowolnie zmieniać wymienione cztery stałe, możemy oszacować liczbę Wszechświatów, która pozwala na ewolucję życia. Jesteśmy w stanie zauważyć, iż koincydencje pomiędzy stosunkiem siły elektromagnetycznej do siły grawitacyjnej a stosunkiem wieku Wszechświata do czasu przelotu światła przez klasyczny promień elektronu nie są tak rzadkie, jakby się mogło wydawać. Posługując się „Monkey God”, Stenger chce pokazać, że istnieje znacznie szerszy przedział koincydencji pozwalających na ewolucję gwiazd i nukleosyntezę ciężkich pierwiastków. Trzecim zarzutem wobec argumentacji z subtelności dostrojzeń jest błędnie rozumiane pojęcie prawdopodobieństwa. Stenger posługuje się tu przykładem loterii. Jeżeli ktoś spośród miliona uczestników zostaje wylosowany w loterii, to nikt nie będzie podejrzewał, że jego matka potajemnie wyciągnęła los, powodując to, że wygrał on na loterii. Jednakże jego zdaniem tak właśnie robi się w przypadku teistycznego argumentu z subtelności dostrojzeń. Twierdzi się, iż to Bóg spośród wielu możliwości wybrał odpowiedni zestaw stałych fizycznych sprzyjających powstaniu życia. Nauka jest jednak w stanie dostarczyć wystarczającego wytłumaczenia dla tego wszystkiego, co w przypadku argumentu z subtelnego dostrojzenia teiści tłumaczą istnieniem Boga. Rozwiązania tej kwestii może dostarczyć np. kosmologiczna inflacja. Możemy w sposób naturalny tłumaczyć rozwój praw przyrody (prawa te powstają w wyniku spontanicznie łamanych symetrii) oraz wartości stałych fizycznych i parametrów opisujących globalnie wzięty Wszechświat. Naturalny scenariusz pokazuje, że poprzez łamanie symetrii możliwa jest cała pula wartości stałych fizycznych i parametrów opisujących wielkoskalowy Wszechświat, dzięki którym możliwe byłoby zaistnienie życia. Wybór obecnych wartości dokonał się losowo i nie wymagał żadnego czynnika zewnętrznego. Stenger chce pokazać, że jedynie nauka daje rezultaty w skutecznym opisie działania świata fizycznego i tylko nauka jest w stanie w pełni to działanie wyjaśnić, a tłumaczenie kosmicznych koincydencji przy użyciu nadnaturalnego czynnika jest tylko kolejnym przykładem argumentu „Boga od zapychania dziur”.

Obalenia argumentów Stengera próbuje się dokonać przez wskazanie na niemożliwość wytłumaczenia subtelności dostrojzeń obecnym stanem fizyki. Jak twierdzi Luke A. Barnes, z całą pewnością inflacja pozwala na rozwiązanie kwestii kosmicznych koincydencji, jednak nie jest wystarczająco potwierdzona, a te przewidywania, które zostały potwierdzone, mogą być wyprowadzane również z innych teorii fizycznych⁴¹. Oprócz tego wielokrotnie podkreśla się, że Stenger zbyt upraszcza formułę do obliczania wieku życia gwiazd, nie uwzględniając złożoności zjawisk zachodzących podczas ewolucji, a to zaniedbanie pozwala na uzyskanie znacznie szerszych przedziałów wartości sprzyjających

⁴¹ L.A. Barnes, *The Fine-Tuning of The Universe for Intelligent Life*, “Publications of the Astronomical Society of Australia” 29(4) s. 27.

życiu⁴². Według przeciwników tego podejścia dowodzi to, że nauka ciągle boryka się z wyjaśnieniem kwestii związków między życiem biologicznym a wielkoskalową strukturą Wszechświata i że trudno na jej gruncie związki te wyjaśnić.

Mimo stawianych Stengerowi zarzutów, należy zauważyć, iż z całą pewnością podejmuje on istotną kwestię dotyczącą kosmicznych koincydencji. Zwraca bowiem uwagę, iż problematyka ta została sformułowana na gruncie nauk przyrodniczych i że związki te stanowią fakt naukowy, a co za tym idzie – nie powinno się zbyt szybko z tej drogi rezygnować. Nauka jest tworem dynamicznym i to, że dziś nie zna odpowiedzi na stawiane przez siebie pytania, nie znaczy, że taka odpowiedź w jej ramach nie istnieje.

Zakończenie

Wyłonienie na gruncie nauki o Wszechświecie jako całości istotnych związków między własnościami makroświata a życiem biologicznym niewątpliwie zaliczyć można do grupy sukcesów współczesnej kosmologii. Należy jednak zaznaczyć, że odkrycie tych powiązań ukazało pewne ograniczenia tej nauki i zapoczątkowało intensywny spór nad charakterem tych związków.

Problemy kosmologii w wyjaśnieniu subtelności dostrojzeń zrodziły szereg filozoficznych pytań dotyczących natury i pochodzenia Wszechświata. Stawiane pytania i udzielane na nie odpowiedzi ukazały niezmierną ważkość sporu i trudności w jego rozwiązaniu. O ile koncepcja multiwersu rozwiązałaby kwestię subtelności dostrojzeń, o tyle istnieją pewne utrudnienia natury technicznej w postaci braku możliwości weryfikacji tej tezy. Pozostałe stanowiska zgodnie twierdzą, iż istnieje tylko jeden Wszechświat, ale tu powraca kwestia wytłumaczenia faktu jego dostrojzenia do życia. Stanowisko odnoszące się do przypadku nie wyjaśnia w sposób satysfakcjonujący, dlaczego Wszechświat zdaje się sprzyjać życiu. Nie jest zresztą już zbyt często reprezentowane i podobnie jak w przypadku wyjaśniania antropicznego zaczęło tracić na znaczeniu. Wokół dwóch pozostałych rozwiązań toczy się bardzo poważna dyskusja filozoficzna dotycząca genezy Wszechświata, który posiada parametry i stałe fizyczne pozwalające na ewolucję życia biologicznego. Teistyczny obraz Wszechświata odrzuca przypadkowe zaistnienie koincydencji i powołuje się na jego planowość i zaprojektowanie. Drugie rozwiązanie, zaproponowane m.in. przez Stengera, wskazuje na możliwość naturalnego wyjaśnienia subtelności dostrojzeń fizyką samego Wszechświata. Tocząca się dyskusja ukazuje istotne trudności w rozwiązaniu tego sporu, niemniej jednak faktem jest, iż rozwiązania obu stron prowadzą do wzajemnej stymulacji i rozwoju argumentacji zarówno naturalistycznej, jak i teistycznej.

⁴² R. Collins, *The Teleological Argument: An Exploration of the Fine-tuning of the Universe*, (w:) W.L. Craig, J.P. Moreland (eds.), *The Blackwell Companion to Natural Theology*, 2009, s. 222–223.