

Paweł Tambor

Wyjaśniający charakter wnioskowań antropicznych w kosmologii = Explanatory Nature of Anthropic Reasoning in Cosmology

Humanistyka i Przyrodoznawstwo 23, 7-24

2017

Artykuł został 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.

Paweł Tambor

Katolicki Uniwersytet Lubelski
Jana Pawła II

The John Paul II
Catholic University of Lublin

WYJAŚNIAJĄCY CHARAKTER WNIOSKOWAŃ ANTROPICZNYCH W KOSMOLOGII

Explanatory Nature of Anthropic Reasoning in Cosmology

Słowa kluczowe: teorie wyjaśniania naukowego, zasady antropiczne, kosmologia.

Key words: theories of scientific explanation, anthropic reasoning, cosmology.

Streszczenie

Artykuł stanowi krytykę wybranych koncepcji wyjaśniania w ramach filozofii nauki, które zostały konfrontowane z praktyką badawczą kosmologii. Obok wyjaśniania charakterystycznego dla nauki rozumianej jako fizyka wszechświata pojawiają się nowe typy rozumowań w terminach szczególnego dostrojenia wszechświata do inteligentnego życia. Ujmując te relacje w nomenklaturę eksplanacyjną, tym, co domaga się wyjaśnienia, są takie, a nie inne własności Wszechświata (prawa fizyczne, wartości stałych fizycznych, itp.), natomiast wyjaśniający jest sam fakt istnienia życia biologicznego i świadomego. Ponieważ rozumowania, które rekonstruuja relacje między tymi dwoma elementami, nazywane są często wyjaśnianiem antropicznym, zbadana zostanie właśnie taka funkcja zasad antropicznych.

Zasadniczą tezę pracy jest stwierdzenie, że wyjaśniający charakter za-

Abstract

The last decades of cosmology development indicate that it has become, as it were, a rightful discipline of physics researching into the universe with the use of the whole physical knowledge available. In the contemporary cosmology, from the creation of the General Theory of Relativity to the second half of the twentieth century, the main task of cosmologists was to construct and test cosmological models of the universe. Nowadays you will notice that besides these objectives, there is a new type of justifying of the fact that the properties of the observable universe are such as they are, and no other. It is in this context that the anthropic explanation is proposed (the properties of the universe are tuned to the observable biological life forms). The reasonings called an anthropic explanation are formed, attempting to answer the question: *why does the universe have the nature (properties) necessary for the*

sad antropicznych można obronić tylko w bardzo specyficznym kontekście metodologicznym. Bronię również wyjaśniania antropicznego w tym sensie, że można na podstawie przesłanek antropicznych formułować predykcje dające się empirycznie testować.

biological life coming into existence in it? Their objectives are: firstly, an attempt at solving the difficulties of the Standard Cosmological Model; secondly, seeking explanation of the coincidence of large numbers and the so-called physical constants. The supporters of this kind of explanation are themselves aware of its fundamental weakness: it is neither a causal, nor nomological explanation; it fails to have the structure of a generalizing explanation, it is alleged to be a tautology. The anthropic principle in cosmology was initially regarded as an observational constrain for cosmological parameters of the standard model of the universe. However, it can be shown that some consequences of anthropic reasoning are testable, as well as that its explanatory nature is more evident in the specific forms of the theory of explanation.

Głównym zadaniem kosmologii współczesnej, począwszy od powstania ogólnej teorii względności w drugiej połowie XX wieku, było konstruowanie i testowanie modeli kosmologicznych Wszechświata. Współcześnie można zauważyć, że obok tych celów, pojawia się nowy typ uzasadniania faktu, że obserwowalny Wszechświat posiada takie, a nie inne własności. W tym kontekście proponowane jest wyjaśnianie o charakterze antropicznym, którego podstawowa intuicja wyraża się w tezie, że własności Wszechświata są dostrojone do życia biologicznego w jego obserwowalnej postaci.

Tzw. problem antropiczny został postawiony jako wyjaśnianie przez F.R.E. Ellisa: „Jest ono proponowane jako wyjaśnienie tego, dlaczego nasz wszechświat wydaje się być dostrojony do życia i świadomości, dając prawdopodobne wyjaśnienie możliwości naszego istnienia”¹. Konstruowane są zatem rozumowania nazywane *wyjaśnianiem antropicznym*, które próbują dać odpowiedź na problem wyrażony w pytaniu: *dlaczego Wszechświat ma taką naturę, takie własności, które są wyma-*

¹ Wersja oryg. „It is proposed as an explanation for why our universe appears to be fine-tuned for life and consciousness, giving a probabilistic explanation for why we can exist”. Zob. F.R.E. Ellis, *On the Philosophy of Cosmology*, “Studies in History and Philosophy of Modern Physics” 2013, [online] <<http://dx.doi.org/10.1016/j.shpsb.2013.07.006>>, s. 9.

gane do zaistnienia w nim życia biologicznego? Mają one na celu: po pierwsze – próbę rozwiązania trudności Standardowego Modelu Kosmologicznego, po drugie – poszukiwanie wyjaśnienia dla koincydencji wielkich liczb i wartości tzw. stałych fizycznych². Trzeba w tym momencie zaznaczyć, że zwolennicy tego rodzaju wyjaśniania są świadomi jego zasadniczych słabości: nie jest wyjaśnianiem o charakterze ani przyczynowym, ani nomologicznym, nie ma struktury wyjaśniania generalizującego (od szczegółu do ogółu) oraz zarzuca się mu tautologiczny charakter. Pojawia się zatem pytanie, co wnosi ono do naszej wiedzy i rozumienia Wszechświata na poziomie jego fundamentalnych własności poza tym, że stanowi czynnik selekcji dla zbioru parametrów lub modeli kosmologicznych³.

Krytyka wyjaśniającego charakteru zasad antropicznych oparta jest przede wszystkim na ich konfrontacji z klasycznymi teoriami wyjaśniania: zwłaszcza dedukcyjno-nomologiczną, indukcyjno-statystyczną oraz różnymi wersjami teorii przyczynowych. Artykuł ma na celu zwrócenie uwagi na to, że współcześnie zasadnie argumentuje się za tym, że wspomniane teorie nie wyczerpują bardzo bogatego znaczenia tego, czym jest wyjaśnianie we współczesnej metodologii nauk⁴. Właśnie w nieklasycznych koncepcjach wyjaśniania można znaleźć takie, w ramach których da się uchwycić eksplanacyjny charakter wnioskowań antropicznych. Należą do nich np. manipulacyjna teoria wyjaśniania Woonwarda oraz pewne interpretacje wnioskowań opartych na twierdzeniu Bayesa, tzw. *self-evidencing explanations*.

Prezentację i recenzję podstawowych wersji zasady antropicznej poprzedzi krótka prezentacja różnych modeli wyjaśniania. Zostaną wskazane te teorie czy koncepcje, których założeń nie spełnia wyjaśnianie antropiczne. Analizę metodologiczną uzupełnią wnioski o charakterze metafizycznym, które objawia pewne słabości stosowania w metodologii kosmologii argumentacji odwołującej się do zasad antropicznych.

² Oryginalne sformułowanie zasady antropicznej w jej różnych wersjach w: B. Carter, *Large Number Coincidences and the Anthropic Principle in Cosmology*, (w:) *Confrontations of Cosmological Theories with Observational Data* (I.A.U. Symposium 63), red. M. Longair, Reidel, Dordrecht 1974, s. 291–298. Obszerne zrekonstruowanie debaty nad wyjaśnianiem antropicznym w: J.F. Barrow, F.J. Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle*, Clarendon Press, Oxford 1986.

³ Por. S. Leciejewski, *Rola zasad antropicznych w rozwoju współczesnej kosmologii*, Wyd. UAM Poznań 2007; J. Turek, *Wyjaśnianie antropiczne w kosmologii*, „Roczniki Filozoficzne” 2006, t. LIV, nr 2, s. 267–297.

⁴ Por. D.-H. Ruben, *Explaining Explanation*, Routledge, New York 1992 (Taylor & Francis e-Library, 2004). Por. J. Cornwell (red.), *Explanations, Styles of Explanations in Science*, Oxford University Press 2004.

Warto wspomnieć także o tym, że współcześnie podejmowane są próby nadania zasadzie antropicznej cech predykcyjnych. Wskazuje się w związku z tym na sformułowania otwierające możliwość testowania zasady antropicznej w oparciu o dane astronomiczne, a tym samym broniące jej od podstawowego zarzutu nienaukowości. Zasada antropiczna w kosmologii początkowo była traktowana jako pewne ograniczenie obserwacyjne na parametry kosmologiczne standardowego modelu wszechświata. Później okazało się, że to ograniczenie jest słabe.

Struktura treściowa pracy jest następująca: w pierwszej części zaprezentowane zostaną wybrane koncepcje wyjaśniania, w drugiej wyjaśnianie antropiczne i jego krytyka w ostatniej części pracy.

Wybrane koncepcje wyjaśniania podstawowe w dyskusji nad wyjaśnianiem w kategoriach antropicznych

Wyjaśnianie jako takie w filozofii nauki bywa definiowane i używane w różnym, często szerokim znaczeniu. Niektórzy uważają, że miano wyjaśniania przysługuje właściwie każdej działalności, która prowadzi do klasyfikacji, uporządkowania, opisu zjawisk⁵. Często zamazuje się tym samym różnicę między opisem a wyjaśnianiem.

Trzeba zwrócić uwagę na dwa zasadnicze spory w filozofii nauki co do natury wyjaśniania: pierwszy dotyczy formy wyjaśniania – czy jest ono w swej strukturze rozumowaniem, drugi „ontologii” – czy wyjaśnianie można tradycyjnie sprowadzić jedynie do podania przyczyny.

Przykładem klasycznej logicznej analizy wyjaśniania jako rozumowania (jako ciągu dowodowego) są prace filozofów Szkoły Lwowsko-Warszawskiej. Krytyczny przegląd różnych wersji teorii rozumowań rozwijanej przez K. Twardowskiego, J. Łukasiewicza, ks. J. Salamuchę, T. Kotarbińskiego, T. Czeżowskiego oraz K. Ajdukiewicza znajdziemy w pracy Jacka J. Jadackiego⁶. Wyjaśnianie (ewentualnie tłumaczenie) wymienia on obok wnioskowania, sprawdzania i dowodzenia oraz dokonuje rekonstrukcji oryginalnych wyrażen teorii rozumowań w ramach przyjętej terminologii: „Będziemy dalej mówili konsekwent-

⁵ Por. P. Churchland, *On the Nature of Explanation: A PDP Approach*, (w:) *A Neurocomputational Perspective: The Nature of Mind and the Structure of Science*, red. P. Churchland, MIT Press, Cambridge 1989, s. 197–230.

⁶ Por. J.J. Jadacki, *Metodologia i semiotyka, Idee – metody – problemy*, Warszawa 2010, s. 117–147.

nie, że (a) z racji wynika następstwo; (b) do zdania danego dobiera się zdanie szukane; (c) na podstawie zdania już uznanego (ewentualnie w odpowiednim stopniu) za prawdziwe – uznaje się zdanie dotąd nie uznane za prawdziwe⁷. Poglądy na temat wyjaśniania w tej terminologii da się uporządkować i wyrazić w następujący sposób: według Łukasiewicza tłumaczenie jest dobieraniem racji do zdania już uznanego; dla Salamuchy i Kotarbińskiego wyjaśnianie jest przykładem rozumowania redukcyjnego i polega na szukaniu racji dla uznanych następstw; dla Czeżowskiego ma charakter redukcyjny, jest także odkrywczym („punktem wyjścia jest przesłanka, celem konkluzja”) i regresywnym („punktem wyjścia jest następstwo, celem racja”).

Przyczynowe (ontologiczne) koncepcje wyjaśniania miały głębokie inspiracje filozoficzne (przyczyny postrzegane jako fundamentalne racje) i w związku z tym w dwudziestowiecznej filozofii nauki traktowane były do tego stopnia podejrzliwie, że za kontrowersyjne uważano pytanie: „czy nauka wyjaśnia?”. Rozwój metodologii, szczególnie w ubiegłym wieku, doczekał się wielu bardziej pogłębionych analiz wyjaśniania jako takiego oraz wyodrębnienia oprócz kauzalnych wielu innych teorii wyjaśniania. Dlatego dziś pyta się raczej: „jak nauka wyjaśnia?” niż: „czy wyjaśnia?”. Mimo poszerzenia tej palety koncepcji, wielu autorów (np. W. Salmon) twierdzi, że w każdym wyjaśnianiu znajduje się jakiś element odniesienia do przyczyn. Dość oczywistym kontrprzykładem są wyjaśniania o charakterze geometrycznym, stosowane m.in. w astronomii.

W kontekście dyskusji nad tzw. zasadami antropicznymi jeszcze jedno rozróżnienie wydaje się kluczowe: co jest nośnikiem wyjaśniania? czy są nim raczej przyczyny, czy skutki? Można w tym kontekście zwrócić uwagę na pochodną wartość wyjaśniania w tym kontekście – prowadzi od wykrycia przyczyn danego zjawiska (np. fizycznego).

Mimo iż podstawowe dla tej dziedziny prace Carla Hempla i Paula Oppenheima⁸ traktowane są jako kanon wyjaśniania w nauce, tacy filozofowie nauki jak Wesley Salmon czy Adam Grobler pokazują słabości zarówno modelu dedukcyjno-nomologicznego, jak i dwóch dodanych później przez Hempla, a opartych na prawach statystycznych (dedukcyjno-statystyczny i indukcyjno-statystyczny)⁹. Problemy i paradoksy

⁷ Ibidem, s. 117. Por. K. Ajdukiewicz, *Dowód i wyjaśnianie*, (w:) *Język i poznanie*. t. II: *Wybór pism z lat 1945–1963*, PWN, Warszawa 1985.

⁸ C. Hempel, P. Oppenheim, *Studies in the Logic of Explanation*, „Philosophy of Science” 1948, nr 15, s. 135–175; idem, *Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in the Philosophy of Science*, New York 1965.

⁹ Por. W. Salmon, *Four Decades of Explanation*, Minneapolis 1989; A. Grobler, *Metodologia nauk*, Aureus – Znak, Kraków 2006, s. 101–112.

związane ze wspomnianymi klasycznymi modelami wyjaśniania wynikają głównie z kwestii natury logicznej bądź z braku uwzględnienia związków przyczynowych. W pracy zwracam uwagę na wadliwość wyjaśnień antropicznych w tym kontekście.

Szczególnie wygodny jest podział teorii wyjaśniania o charakterze kauzalnym na *realistyczne*, w których wskazuje się na faktycznie istniejące zdarzenia lub procesy, oraz *epistemiczne*, gdy posługujemy się prawami, teoriami w funkcji wyjaśniającej, pozostawiając na boku dyskusję nad ich statusem ontycznym. Bardziej subtelne i pogłębione metodologicznie badania natury wyjaśniania pozwalają na wyróżnienie całego szeregu jego koncepcji i teorii. Skorzystajmy z dość spójnej typologii Wesleya Salmona. Pierwsza klasa zawiera wyjaśnienia o strukturze modalnej; mówimy tu o możliwości lub konieczności zaistnienia danego zjawiska lub stanu fizycznego. Druga klasa obejmuje teorie epistemiczne wyjaśniania, które Salmon dzieli na inferencyjne, gdzie rekonstruuje się wnioski wyjaśniające z przesłanek, które zawierają prawa, oraz predykcyjne, skupiające się na procedurze przewidywania i jako takie nierozróżniające przewidywania od opisu. Do epistemicznych zalicza się również podejścia wartościujące pozytywnie stronę językową i pragmatyczną wyjaśniania. Wskazuje się zatem na wyjaśnienia erotetyczne, będące próbą odpowiedzi na pytanie „dlaczego?”, oraz wyjaśnienia informacyjno-teoretyczne¹⁰. Salmon opowiada się zdecydowanie za trzecią koncepcją wyjaśniania – ontyczną. Zdarzenie wyjaśnia się w ten sposób, gdy pokazuje się jego pozycję w pewnej strukturze powiązanej kauzalnie. Salmon zwraca ponadto uwagę, że wyjaśnianie przyczynowo-mechaniczne ma charakter schematu bottom-up; podczas gdy wyjaśnianie dopatrujące się struktury unifikującej – top-down. Oba podejścia można traktować jako różne koncepcje wyjaśniania, ale tylko pierwsze z nich jest kauzalne.

Warto dodać, że wskazanie na przyczynę danego zjawiska można rozumieć na wiele sposobów, może ono polegać na rekonstrukcji procesu przekazu jakiejś własności fizycznej, takiej jak energia, może także oznaczać wskazanie na prawo lub teorię. James Woodward proponuje ciekawą koncepcję wyjaśniania, którą nazywa manipulacyjną. Wyjaśnianie związane jest tu z podaniem pewnej funkcji wiążącej zmienne

¹⁰ Warto zauważyć, że również w koncepcji erotetycznej wyjaśniania można mówić o podejściu realistycznym lub epistemicznym: w pierwszym dokonuje się wyjaśnienia, że „p” (zakłada się, że wyjaśniane zdanie jest prawdziwe), w drugim podaje się racje dla hipotezy, że „p”.

i oznacza wyodrębnienie pewnego wzoru współzmienności między członem wyjaśnianym a wyjaśniającym (*counterfactual dependence*: jeśli w równaniu opisującym daną zależność między zmiennymi dokonamy zmiany, uzyskamy następujący efekt)¹¹.

Antropiczne myślenie w kosmologii

Bardzo często punktem wyjścia dla rozumowania mającego charakter antropiczny były fascynacje zbieżnością wartości liczb uważanych za szczególnie ważne w fizyce. Warto zatem zwrócić uwagę na spekulacje numerologiczne Arthura Eddingtona. Obliczył on liczbę protonów i elektronów we Wszechświecie (ok. 10^{79}) i zauważył koincydencję między pierwiastkiem z tej liczby a stosunkiem siły elektromagnetycznej i grawitacyjnej: $\frac{e^2}{Gm_e m_p} = 10^{39}$. Próbował także znaleźć wyjaśnienie dla stałej struktury subtelnej: $a = \frac{e^2}{hc}$. Paul Dirac natomiast zastanawiał się nad powiązaniem między stałymi fizycznymi a wiekiem Wszechświata. Wyciągał stąd wniosek tego rodzaju, że skoro wiek Wszechświata rośnie, to również wartości stałych fizycznych zmieniają się w czasie. Chodziło mu zwłaszcza o wartość stałej grawitacji (G). Robert Dicke opublikował w 1961 r. w „Nature” artykuł *Dirac’s cosmology and Mach’s principle*, w którym odrzucił spekulacje na temat zmiennej G i próbował wyjaśnić wartości stałych fizycznych na podstawie faktu, że my, ludzie, istniejemy. Argument biologiczny dotyczący możliwości życia opartego na związkach węgla stanowił ograniczenie dotyczące minimalnego i maksymalnego wieku Wszechświata, a tym samym był interpretowany jako pewien efekt selekcji w odniesieniu do modeli kosmologicznych.

W roku 1973 Christopher B. Collins i Stephen Hawking zauważyli, że tylko wąski zakres warunków początkowych mógł wywołać efekt obserwowanej dzisiaj jednorodności Wszechświata. Mógł zaistnieć tylko taki Wszechświat, w którym wartość współczynnika gęstości (stosunek aktualnej wartości przeciętnej gęstości Wszechświata do tzw. gęstości krytycznej) jest prawie dokładnie równa jedności. W roku 1974 Brandon Carter opublikował pracę *Large Number Coincidences and the Anthropic Principle in Cosmology*, w której po raz pierwszy pojawi-

¹¹ Por. J. Woodward, *Making Things Happen: A Theory of Causal Explanation*, Oxford University Press 2003.

ło się określenie „zasada antropiczna”¹². Carter rozróżnił jej wersję słabą i mocną. Warto przytoczyć je w postaci oryginalnej. Wersja słaba ma postać: „to, co spodziewamy się obserwować musi być ograniczone do warunków koniecznych dla naszego istnienia jako obserwatorów”¹³; mocna natomiast: „Wszechświat (a zatem i fundamentalne parametry, od których zależy) musi być taki, by dopuszczać stworzenie obserwatorów na pewnym etapie swojego istnienia”¹⁴.

Czasem mocną zasadę formułowano nawet w formie nomologicznej: *jest prawem natury, że inteligentne życie musi wyewoluować*. Opublikowana w 1986 r. książka Johna Barrowa i Franka Tiplera: *The Anthropic Cosmological Principle* była swoistym podsumowaniem tych spekulacji. Od 1987 r. Weinberg próbował znaleźć antropiczne ograniczenie na wartość stałej kosmologicznej¹⁵. Ostatecznie, po kilkuletnim zainteresowaniu zagadnieniem antropicznym, w 2001 r. zaczął się od niego dystansować¹⁶. Niektórzy, jak Bernulf Kanitscheider¹⁷, uważają, że korzeni myślenia antropicznego trzeba szukać już w wieku XIX w pracach Ludwika Boltzmana, który próbował wyprowadzić własności termodynamicznej strzałki czasu z mechaniki, co skłoniło go do przekonania, że albo nasz Wszechświat jest obecnie w wysoce nieprawdopodobnym stanie, albo obszar, w którym się znajdujemy, stanowi niewielki fragment Wszechświata będącego globalnie w stanie równowagi termodynamicznej. Boltzmana uważa się w tym kontekście za prekursora słabej zasady antropicznej¹⁸.

¹² Ciekawe, że prawie dwadzieścia lat później Carter wyraził żal, że zamiast wyrażenia „zasada antropiczna” nie posłużył się terminem „zasada poznawalności” (cognizability principle). Por. B. Carter, *The Anthropic Principle and Its Implications for Biology*, „*Philosophical Transactions of the Royal Society London A*” 1983, nr 310 s. 347–363.

¹³ Wersja oryg.: “what we can expect to observe must be restricted by the conditions necessary for our presence as observers”.

¹⁴ Wersja oryg.: “the universe (and hence the fundamental parameters on which it depends) must be such as to admit the creation of observers within it at some stage”.

¹⁵ Por. S. Weinberg, *A Priori Probability Distribution of the Cosmological Constant*, 2000, arXiv:astro-ph/0002387.

¹⁶ „Ten rodzaj wnioskowania jest nazywany antropicznym i cieszy się złą sławą wśród fizyków. Chociaż posługiwałem się tymi argumentami w swojej pracy nad problemem energii próżni, teraz nie jestem zwolennikiem rozumowania antropicznego” [oryg. “This sort of reasoning is called anthropic, and it has a bad name among physicists. Although I have used such arguments myself in some of my own work on the problem of the vacuum energy, I am not that fond of anthropic reasoning]. Por. S. Weinberg, *Facing Up*, Harvard University Press 2001, s. 173.

¹⁷ B. Kanitscheider, *The Anthropic Principle and its Epistemological Status in Modern Physical Cosmology*, (w:) E. Agazzi, A. Cordero (red.), *Philosophy and the Origin and Evolution of the Universe*, Dordrecht 1991 s. 361–397.

¹⁸ *Ibidem*, s. 365.

Zrekonstruujemy antropiczny sposób rozumowania jako metodologicznie opozycyjny do myślenia w kategoriach zasad kosmologicznych. Kosmologia Arystotelesa miała dualistyczną ontologię: sfera ziemską składała się z czterech elementów: ziemi, wody, powietrza i ognia. Wszechświat w swej warstwie przestrzennej był z konieczności skończony. Naturalny ruch tych ziemskich składników miał wewnętrzną skłonność do zajmowania tzw. miejsca właściwego zgodnie z ich wagą. Z drugiej strony strefa nadksiężycowa zbudowana była z piątego elementu, który charakteryzował się nieskończonym ruchem cyrkularnym wokół centrum. Wszechświat Arystotelesa był zatem skończony przestrzennie, istniejący odwiecznie w stanie stacjonarnym. Prace Kopernika „przesunęły” owo centrum ku Słońcu (1543). Osiemnastowieczny badacz William Herschel był przekonany, że środek Wszechświata sytuuje się w centrum galaktyki. Odkrycie dokonane w połowie XX wieku przez Waltera Baade’a, że nasza galaktyka jest jedną z wielu galaktyk typu spiralnego, jak też wcześniejsze prace Harlowa Shapleya (1922) przyniosły ponowną zmianę i definitywnie usunęły ludzkość z centrum fizycznego i filozoficznego układu odniesienia. Dodajmy w tym kontekście, że myślenie oparte na ogólnej teorii względności w ogóle usuwa pojęcie środka Wszechświata.

Z jednej strony mamy zatem metodologiczną świadomość, związaną ze stosowaniem tzw. zasady kosmologicznej, którą można potocznie wyrazić, że nasza obecność we Wszechświecie z globalnego punktu widzenia nie ma szczególnej lokalizacji; z drugiej strony lokalnie otaczają nas obiekty, które stanowią dość unikalny układ, szczególnie sprzyjający powstaniu i ewolucji życia biologicznego¹⁹.

Oryginalne sformułowania zasady antropicznej w pracach Cartera i umieszczenie jej w kontekście kosmologicznym można traktować jako pewien kompromis metodologiczny między tymi dwoma skrajnymi punktami widzenia. Pierwszy wskazuje, że obserwator na ziemi zajmuje uprzywilejowaną pozycję w stosunku do Wszechświata, co wyraża paradygmat przedkopernikański – Carter nazywa go „zasadą autocentryczną”. W kategoriach epistemologii Bayesowskiej oznacza to, że rozkład *a priori* prawdopodobieństwa dla naszej sytuacji jest wyższy niż dla innych. A zatem z punktu widzenia zasady warunkowania

¹⁹ Jeśli „ontologię” zasady antropicznej przeniesiemy z poziomu rozważań nad podmiotami-obserwatorami do poziomu warunków koniecznych dla zaistnienia form życia opartych na związkach węgla, to można się spotkać z trywializowaniem samego użycia predykatu „antropiczna”, a dlaczego nie „żółwia”? W literaturze przedmiotu raz używa się argumentu z życia opartego na związkach węgla, raz przez odwołanie do inteligentnych obserwatorów.

Bayesowskiego nie jesteśmy w stanie wnioskować na temat reszty Wszechświata z naszego lokalnego punktu widzenia.

Drugi punkt widzenia to stwierdzenie, że Wszechświat jest taki sam wszędzie, nie ma wyróżnionego centrum; zatem część, w której żyjemy, stanowi pewien rodzaj przeciętnej próby reprezentatywnej. Jest to w istocie założenie o jednorodności Wszechświata. Zgodnie z Bayesowską logiką nie jesteśmy w stanie w uprawniony sposób wnioskować na temat reszty Wszechświata. Zasadę antropiczną traktuje Carter jako swoisty kompromis, który polega na tym, że prawdopodobieństwo *a priori* szacuje się dla naszego stanu na podstawie szacunków antropicznych, natomiast nie jest ono równomiernie rozłożone na cały Wszechświat, ale na obserwatorów „antropicznych”. Wydaje się oczywiste, że jeśli predykat „antropiczny” ograniczymy tylko do przedstawicieli *homo sapiens*, to kosmologiczne implikacje staną się tożsame z zasadą autocentryczną. Natomiast jeśli „antropiczny” będziemy rozumieli jako potencjalnie odnoszący się także do możliwych pozaziemskich form inteligentnych, wtedy zasada zyska status zasady testowalnej empirycznie.

Zasada, dla której Carter użył predykatu „antropiczna”, w swojej wersji słabej nie jest w gruncie rzeczy zasadą kosmologiczną. Nie mówi nic na temat Wszechświata jako całości. Natomiast zasada antropiczna w wersji silnej już takie aspiracje posiada i często była niejako zapożyczana do innych idei, odnoszących się do Wszechświata jako takiego, np. Wszechświat został teleologicznie „zaprojektowany”, „dostrojony do życia naszego typu”, co Carter nazywa raczej zasadą finalności niż antropiczną.

Dokonajmy teraz krytyki zasady antropicznej w jej wersji słabej, a następnie silnej. Na początek warto zaprezentować kilka wybranych reprezentatywnych sformułowań słabej zasady antropicznej. Wersja oryginalna znajduje się w pracy Cartera: *Large Number Coincidences and the Anthropic Principle in Cosmology*: „to, co spodziewamy się obserwować, musi być ograniczone do warunków koniecznych dla naszego istnienia jako obserwatorów”²⁰. Zdaniem Barrowa i Tiplera: „Obserwowane wartości wszystkich wielkości fizycznych i kosmologicznych nie są jednakowo prawdopodobne, ale ich wartości są ograniczone według tego, by istniały obszary, w których życie organiczne może ewoluować, oraz że wiek Wszechświata jest wystarczający do tego procesu”²¹. Rud-

²⁰ B. Carter, *Large Number Coincidences...*, s. 291–298.

²¹ J.F. Barrow, F.J. Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle*: „The observed values of all physical and cosmological quantities are not equally probable, but they take on values restricted to the requirement that there exist sites where carbon-based life can evolve and by the requirement that the Universe be old enough for it to have already done so”.

nicki wypowiada słabą zasadę antropiczną w następujący sposób: „Fizyczne właściwości obserwowanej części Wszechświata wynikają jako logiczne następstwo z przesłanki, że istnieją obserwujące je istoty ludzkie”²².

Słabą wersję zasady antropicznej można także sformułować w kategoriach probabilistycznych. Prawdopodobieństwo warunkowe rzeczywistego Wszechświata należącego do zbioru możliwych wszechświatów, w których możliwe jest zaistnienie życia, pod warunkiem że istniejemy, jest różne i wyższe niż absolutne prawdopodobieństwo istnienia Wszechświata bez warunku egzystencji inteligentnych obserwatorów.

Zasada antropiczna w wersji mocnej, przynajmniej w sensie definicyjnym, pełni ontologicznie rolę zasady kosmologicznej, dostarcza bowiem założenia dotyczącego całego Wszechświata. Również w tym przypadku pouczające będzie wyliczenie jej podstawowych sformułowań: Cartera (1974): „Wszechświat musi być taki, by dopuszczał istnienie obserwatorów”; Barrowa i Tiplera (1986): „Wszechświat musi posiadać własności, które pozwolą na rozwój życia w pewnym okresie jego historii”; Greensteina (1988): „Silna zasada antropiczna idzie dalej niż słaba, twierdząc, że środowisko do zaistnienia życia musi zaistnieć”²³ oraz Rudnickiego (2002): „Fizyczne właściwości Wszechświata wynikają jako logiczne następstwo z przesłanki, że realni obserwatorzy istnieją w pewnych częściach jego czasoprzestrzeni. Można to sformułować również: nasze istnienie powoduje ograniczenia dla właściwości Wszechświata”.

Rudnicki uważa z jednej strony, że mocna zasada antropiczna jest zasadą z tego powodu, że orzeka coś o Wszechświecie, zadaje ograniczenia („mocna zasada antropiczna mówi wyraźnie coś o całym Wszechświecie i z tego powodu jest zasadą kosmologiczną *par excellence*”), z drugiej strony pokazuje, że można tę zasadę metodologicznie zredukować do zasady kopernikańskiej: „Właściwie już z przyjęcia samej uogólnionej zasady kopernikańskiej wynika, że z każdego ciała niebieskiego obserwujemy we Wszechświecie (z grubsza) to samo. Jeśli – wbrew modzie panującej na przełomie XIX i XX wieku – będziemy

²² Por. K. Rudnicki, *Zasady kosmologiczne*, Wyższa Szkoła Ochrony Środowiska, Bydgoszcz 2002, s. 105.

²³ G. Greenstein, *The Symbiotic Universe*, William Morrow, New York 1988: „The weak principle states that humanity can exist only in a habitable environment [i.e., humanity can exist only where it can exist]. But the strong Anthropic principle goes further. It states that a habitable environment must exist. It states that [...] a planet must be found wrapped in gasses of precisely the composition required by humans”.

uważali istnienie ludzi lub ogólniej: istot podobnych do ludzi za fakt istotny dla Wszechświata, wtedy można dyskutować, czy dodanie tej ekologicznej poprawki wnosi coś nowego. Czy nie było już zawarte *implicitie* w zasadzie kopernikańskiej?”²⁴.

Szczególną aplikacją silnej wersji zasady antropicznej jest problem estymowanych wartości stałej kosmologicznej traktowanej jako kandydatka do wyjaśnienia przyśpieszonej ekspansji Wszechświata. Gdyby wartość tego parametru była większa (jak głoszą przewidywania fizyki fundamentalnej), Wszechświat dzięki inflacji osiągnąłby tak małą gęstość w swoim wczesnym stadium ewolucji, że takie obiekty jak galaktyki nie zdołałyby się uformować.

Carter unikał bardzo prostych (nadmiernie uproszczonych) sformułowań zasady antropicznej (życie istnieje tylko w takich warunkach, w jakich może przetrwać; świat jest taki, jaki jest, ponieważ my w nim jesteśmy), traktując je jako tautologie. Natomiast te wersje zasady, które bazują na pojęciu prawdopodobieństwa *a priori*, pozwalają na dokonywanie empirycznych predykcji. Na przykład przewidywania, że wystąpienie obserwatorów antropicznych (ewolucji, która do tego doprowadza) jest rzadkie nawet na tak przyjaznych życiu planetach jak nasza. Zasada jednorodności nie wyjaśnia tego z tej racji, że traktuje nasz Układ Słoneczny jako bardzo typowy. Carter pokazał (sic!) zatem, że do uzasadnienia zasady antropicznej nie da się zastosować argumentacji abdukcyjnej²⁵, czyli takiej, w której wyjaśnienie nieprawdopodobnego zjawiska czy faktu polega na znalezieniu hipotezy, z której można je dedukcyjnie wyprowadzić²⁶. „Takie podstawowe cechy i własności Wszechświata, jak rozmiar, wiek i prawa opisujące jego ewolucję, muszą być dokładnie takie, jakie obserwujemy, gdyż tylko takie umożliwiają wyewoluowanie obserwatorów. Innego Wszechświata niż nasz nie miałby kto obserwować ani pytać o powody występowania takich, a nie innych jego charakterystyk”²⁷.

Kosmologowie uważają, że zasada antropiczna w wersji mocnej pełni rolę obserwacyjnego narzędzia selekcji teorii kosmologicznych²⁸. Znajduje ona natomiast uzasadnienie spekulatywne (nie jest jedynie logicznym truizmem) tylko w sytuacji, gdy mamy do czynienia z wie-

²⁴ K. Rudnicki, op. cit., s. 116–117.

²⁵ Por. B. Carter, *The Anthropic Principle...*, s. 347–363.

²⁶ Por. C.S. Peirce, *Pragmatism*, (w:) *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*, red. C. Hartshorne, P. Weiss, Cambridge 1931–1958, t. 5, s. 13–131.

²⁷ Por. S. Leciejewski, op. cit., s. 123.

²⁸ Por. M.M. Cirkovic, N. Bostrom, *Cosmological Constant and the Final Anthropic Hypothesis*, “Astrophysics and Space Science” 2000, nr 274, s. 675–687.

łoświatem. Oczywista jest teza, że znajdujemy się w poznawalnym świecie. Mniej oczywistą kwestią jest zadanie wyznaczenia miary prawdopodobieństwa dla częstości poznawalnych światów. Takiego zadania podjęli się na przykład w 1973 r. Collins i Hawking.

Jakim wyjaśnieniem są zasady antropiczne?

Zacznijmy od szeregu zastrzeżeń wobec wnioskowań antropicznych, które to zastrzeżenia pojawiają się wskutek konfrontacji owych wnioskowań z klasycznymi teoriami wyjaśniania. Odwołajmy się najpierw do rozróżnień przedstawionych na początku artykułu na wyjaśniania mające lub niemające struktury rozumowań oraz wyjaśniania kauzalne i niekauzalne. Należy stwierdzić, że, po pierwsze, bez wątpienia zasady antropiczne wchodzą w skład wyjaśnień, które są rozumowaniami. Po drugie, z pewnością nie mają natury kauzalnej. Zauważmy także, że rozumowanie antropiczne podpada pod znane paradoksy logiki materialnej związane z modelem dedukcyjno-nomologicznym Hempela, jeśli rozumowanie przedstawimy w takiej postaci: „Dlaczego jestem chory? Bo jestem teraz w szpitalu”. W tego typu próbie wyjaśniania występuje zatem błąd następnika, gdyż o prawdziwości przyczyn wnioskuje się wyłącznie z prawdziwości skutków.

Biorąc pod uwagę kontekst naszych rozważań dotyczących wyjaśniania traktowanego jako określonego typu rozumowanie, rozważmy podstawowy zarzut do tej wersji zasady antropicznej – tautologiczność. John Earman wyraża go w postaci następującego rozumowania²⁹:

1. Niech q oznacza przesłankę „wszystkie stałe fizyczne mają wartości takie, jakimi je obserwujemy”; p = „istnieją ludzie”.

2. q jest warunkiem koniecznym p wtw gdy ‘jeżeli p , to q ’.

3. *modus ponens*: jeżeli p , to q i p , to q .

Słaba zasada antropiczna, choć spełnia warunki poprawnego wnioskowania, w takiej postaci fizycznie nie wyjaśnia niczego. Zasada antropiczna nie jest zasadą ani w sensie zasad logiki, ani w sensie zasad fizycznych³⁰. Już powierzchowna rekonstrukcja logiczna wydaje się bardzo wątpliwa z przedmiotowego punktu widzenia. Jeśli natomiast weźmie się pod uwagę sformułowania np. filozofów Szkoły

²⁹ J. Earman, *The SAP also Rises: A Critical Examination of the Anthropic Principle*, “American Philosophical Quarterly” 1987, nr 24, s. 307–317.

³⁰ Por. E. McMullin, *Indifference Principle and Anthropic Principle in Cosmology*, “Studies in the History and Philosophy of Science” 1993, nr 24, s. 359–389; M. Rees, *Our Cosmic Habitat*, Princeton University Press 2001.

Lwowsko-Warszawskiej dotyczące rozumowań wyrażających wyjaśnienie, na drodze redukcji szukamy racji dla uznanego następstwa, rozumowanie antropiczne można nazwać wyjaśnianiem, ale w odwrotnym kierunku. W tym wypadku da się sensownie powiedzieć, że racją dla zdania p w powyższej rekonstrukcji jest zdanie q .

Przeanalizujmy Bayesowskie sformułowanie słabej wersji zasady antropicznej:

A – wartości stałych fizycznych i parametrów standardowego modelu kosmologicznego należą do takiego zakresu, który pozwala w procesie formowania się gwiazd i planet na ewolucję organizmów żywych zbudowanych na związkach węgla; B – istnieją organizmy żywe oparte na chemii związków węgla; M – wiedza tła – standardowy model kosmologiczny. Zasada wnioskowania oparta na twierdzeniu Bayesa ma postać: „jeżeli $P(B|A \text{ i } M) > P(B|M)$, to $P(A|B \text{ i } M) > P(A|M)$ ”.

Przeciwnicy bayesjanizmu zwrócą tu uwagę, że wciąż jednak jest to tylko reguła wnioskowania, a nie wyjaśnianie. Z drugiej strony dostarcza ona argumentu na rzecz racjonalności dopatrywania się związków między własnościami Wszechświata a własnościami istniejących w nim organizmów. Poza tym uważam, że można wskazać na pewne eksplanacyjne własności rozumowań opartych na twierdzeniu Bayesa, jeśli oprzemy się na wyjaśnianiu w jego warstwie epistemicznej związanej z badaniem stopnia zrozumienia danego zjawiska lub relacji między zjawiskami. Z rozumieniem zjawiska mamy do czynienia wtedy, gdy dysponujemy dobrym powodem przyjęcia naszego przekonania. W tej koncepcji funkcją wyjaśniania jest dostarczenie takiego powodu – argumentu „reason to believe”. Do tej kategorii da się zaliczyć bayesjanizm jako epistemiczną metodę korekty przekonań.

Zanotujmy ponadto dwie istotne uwagi krytyczne na temat fizycznych aspektów wadliwości wyjaśniania antropicznego³¹: 1) jest całkowicie *post hoc*; nie zostało użyte do predykcji żadnej wcześniej nieznannej własności Wszechświata; 2) pojęcie wyjaśniania antropicznego próbuje się zbudować na antropocentrycznej koncepcji obserwatora. Zasada antropiczna nie wyjaśnia dokładnych wartości wielu sprzężonych ze sobą stałych i wartości fizycznych (jak stosunki mas), tylko ich rząd wielkości³². Twierdzi się czasem, że zasada antropiczna nie jest także wyjaśnianiem w tym znaczeniu, że nieznanne są żadne predykcje naukowe dokonane za jej pomocą. Tu przez predykcję rozumiemy przewidywanie istnienia czegoś wcześniej nieznanego.

³¹ Por. B. Carr, M. Rees, *The anthropic principle and the structure of the physical world*, „Nature” 1979, nr 278, s. 605–612.

³² Por. K. Rudnicki, op. cit., s. 115.

Obiecująca w kwestii możliwości obrony wyjaśniającego charakteru zasad antropicznych jest teoria manipulacyjna Woonwarda, o której była mowa w pierwszej części pracy. Zasada się ona na badaniu zależności funkcjonalnych między różnymi wariantami wartości i cech wchodzących w skład eksplanansa i eksplanandum. Sławomir Leciejewski, podając logiczną rekonstrukcję wnioskowania entymematycznego angażowanego w wyjaśnianie antropiczne w kosmologii, wskazuje, że mimo poprawności formalnej jego prawdziwość nie jest zagwarantowana ze względu na ryzykowne założenie dotyczące prawdziwości i zasięgu obecnej wiedzy biologicznej i fizycznej³³. Takie założenie wydaje się czymś metodologicznie naturalnym w manipulacyjnej koncepcji wyjaśniania, która w istocie zasada się na szacowaniu stopnia współzmienności między parametrami charakteryzującymi człon wyjaśniany i wyjaśniający.

Kolejną wartą przemyślenia kwestią w kontekście obrony wyjaśniającej natury rozumowań antropicznych jest pewna cecha procedur wyjaśniających nazywana *self-evidencing explanations*. Otóż według tej koncepcji mamy do czynienia z pewnym typem wyjaśniania, jeśli samo zjawisko dostarcza nam w procesie wyjaśniania przesłanek, które ułatwiają uznanie, że wyjaśnianie jest dobre. Być może taką naturę mają wyjaśniania typu *smoking gun*. Schemat takiego wyjaśniania jest następujący: dana hipoteza stanowi wyjaśnienie dla danych empirycznych, natomiast dane te stanowią z kolei poparcie uzasadniające hipotezę, np. hipoteza mówiąca o prędkości ucieczki galaktyk stanowi wyjaśnienie faktu, że ich redshift jest taki, a nie inny. Struktura wnioskowania ma zatem postać kolistą, z tym że w jednym kierunku ruch jest wyjaśniający, w drugim dostarczający poparcia dowodowego. O wyjaśnieniach tego typu mówi się często w kontekście charakterystyki wnioskowania odwołującego się do najlepszego wyjaśnienia³⁴. Fakt istnienia życia biologicznego stanowiłby poparcie dla hipotezy mówiącej o parametrach kosmologicznych, których wartości należą do pewnego ściśle określonego zakresu.

Wnioskowanie antropiczne (moim zdaniem jest to lepsze sformułowanie niż „zasada antropiczna”) jest przedstawiane jako alternatywa względem programu metodologicznej rekonstrukcji ciągu teorii efektywnych³⁵. Warto na zakończenie przytoczyć argumentację za tym, że argument antropiczny da się sensownie wykorzystać w spekulacjach

³³ Por. S. Leciejewski, op. cit., s. 157–158.

³⁴ J. Persson, *IBE and EBI: On Explanation before Evidence*, (w:) J. Persson, P. Ylikoski (red.) *Rethinking Explanation*, “Boston Studies in the Philosophy of Science”, Springer, Dordrecht 2007, s. 137.

³⁵ M. Szydłowski, P. Tambor, *Model kosmologiczny (LCDM, CDM) w schemacie po-*

szacujących wartości parametrów kosmologicznych. Na przykład Roberto Trotta uważa, że wyjaśnienie praw przyrody jest jednym z najważniejszych celów fizyki. Wyjaśnienie to dokonuje się przykładowo na drodze wyprowadzenia tych praw z zasad fundamentalnych (takich jak obecność lub złamanie symetrii – tw. Noether)³⁶. Jego rozumowanie można streścić w następujących krokach: założmy, że wartości parametrów fizycznych przyjmowane w naszym Wszechświecie są po prostu realizacją statystycznego *ensemble*, może być on tak skonstruowany, że składa się z przyczynowo niepowiązanych fragmentów naszego Wszechświata jako zbiór wszechświatów lub superpozycja stanów (w kosmologii kwantowej); możemy zatem mówić o ich rozkładzie *a priori* wartości stałych fundamentalnych, natomiast prawdopodobieństwo typowego obserwatora na zmierzenie pewnej wartości jednej lub więcej stałych jest zwykle brane jako proporcjonalne do liczby obserwatorów, którzy żyją w świecie charakteryzującym się tą wartością. W takim układzie wartości stałych fundamentalnych we Wszechświecie, gdzie nie może zaistnieć inteligentne życie, nie zostaną nigdy zaobserwowane. Według Trotty w odniesieniu do stałej kosmologicznej Lambda lub równoważnie gęstości energii próżni taka procedura pozwoli na właściwą predykcję jej wartości obserwowanej (sic!)³⁷.

Sam twórca oryginalnego sformułowania mocnej wersji zasady antropicznej wyraża nadzieję, że wartości fundamentalnych stałych fizycznych znajdą wyjaśnienie, to znaczy zostaną wyprowadzone z bardziej fundamentalnej struktury³⁸.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono dyskusję na temat tzw. zasad antropicznych w kontekście klasycznych i współczesnych koncepcji wyjaśniania. Wnioskowania antropiczne przedstawiane są w literaturze przedmiotu często jako tautologiczne i nieposiadające własności eksplanacyjnej.

jęciowym efektywnych teorii Wszechświata, „Filozofia Nauki” 2008, nr 19, s. 119–139.

³⁶ G.D. Starkman, R. Trotta, *Why Anthropic Reasoning Cannot Predict Lambda*, “Physical Review Letters” 2006, nr 97, s. 201–301.

³⁷ Por. S. Weinberg, *The Cosmological Constant Problem*, “Review of Modern Physics” 1989, nr 61, s. 1.

³⁸ B. Carter, *Large Number Coincidences...*, s. 291–298: „I would personally be happier with explanations of the values of the fundamental coupling constants etc. based on a deeper mathematical structure (in which they would no longer be fundamental! But would be derived)”.

Przedstawiona w pracy rozbudowana prezentacja teorii wyjaśniania pozwala jednak dokonać sensownej metodologicznej obrony wyjaśniającej funkcji zasad antropicznych. Obrony tej można dokonywać zarówno w kontekście ontologicznym, jak i epistemologicznym. Słaba wersja zasady antropicznej nie tylko nadaje się, by pełnić rolę pewnego czynnika selektywnego na wartości parametrów kosmologicznych, przy jej pomocy można również dokonywać ich testowalnych predykcji. Wyjaśnianie antropiczne nie jest z pewnością wyjaśnianiem kauzalnym, mieści się natomiast w koncepcjach wyjaśniania o charakterze funkcjonalnym. Można mianowicie pośrednio wnioskować na temat wartości parametrów kosmologicznych przy pomocy przesłanki antropicznej, jeśli wyodrębnia się zakresy wartości tych parametrów, manipulując teorią, która je wiąże.

Współczesne teorie wyjaśniania mają wyraźny charakter epistemiczny, gdy następuje konotacja między wyjaśnianiem a rozumieniem. Pokazałem w pracy, że w rozumowaniach antropicznych jest tu miejsce na metodologię Bayesowską, która dostarcza argumentów na rzecz akceptacji parametrów kosmologicznych i modeli kosmologicznych dopuszczających powstanie układów fizycznych, w których może nastąpić ewolucja życia.

Literatura

- Ajdukiewicz K., *Dowód i wyjaśnianie*, (w:) *Język i poznanie*, t. II: *Wybór pism z lat 1945–1963*, PWN, Warszawa 1985.
- Barrow J.F., Tipler F.J., *The Anthropic Cosmological Principle*, Clarendon Press, Oxford 1986.
- Carter B., *Large Number Coincidences and the Anthropic Principle in Cosmology*, (w:) *Confrontations of Cosmological Theories with Observational Data* (I.A.U. Symposium 63), red. M. Longair, Reidel, Dordrecht 1974.
- Carter B., *The Anthropic Principle and its Implications for Biology*, "Philosophical Transactions of the Royal Society London A", 1983, nr 310.
- Carr B., Rees M., *The Anthropic Principle and the Structure of the Physical World*, "Nature" 1979, nr 278.
- Churchland P., *On the Nature of Explanation: A PDP Approach*, (w:) *A Neurocomputational Perspective: The Nature of Mind and the Structure of Science*, red. P. Churchland, MIT Press, Cambridge 1989.
- Cirkovic M.M., Bostrom N., *Cosmological Constant and the Final Anthropic Hypothesis*, "Astrophysics and Space Science" 2000, nr 274.
- Cornwell J. (red.), *Explanations, Styles of Explanations in Science*, Oxford University Press 2004.
- Earman J., *The SAP also Rises: A Critical Examination of the Anthropic Principle*, "American Philosophical Quarterly" 1987, nr 24.

- Ellis F.R.E., *On the Philosophy of Cosmology*, "Studies in History and Philosophy of Modern Physics" 2013, nr 46.
- Greenstein G., *The Symbiotic Universe*, William Morrow, New York 1988.
- Grobler A., *Metodologia nauk*, Aureus – Znak, Kraków 2006.
- Hempel C., Oppenheim P., *Studies in the Logic of Explanation*, "Philosophy of Science" 1948, nr 15.
- Hempel C., Oppenheim P., *Aspects of Scientific Explanation and Other Essays in the Philosophy of Science*, New York 1965.
- Jadacki J.J., *Metodologia i semiotyka. Idee – metody – problemy*, Warszawa 2010.
- Kanitscheider B., *The Anthropic Principle and its Epistemological Status in Modern Physical Cosmology*, (w:) E. Agazzi, A. Cordero (red.), *Philosophy and the Origin and Evolution of the Universe*, Dordrecht 1991.
- Leciejewski S., *Rola zasad antropicznych w rozwoju współczesnej kosmologii*, Wyd. UAM, Poznań 2007.
- McMullin E., *Indifference principle and anthropic principle in cosmology*, "Studies in the History and Philosophy of Science" 1993, nr 24.
- Peirce C.S., *Pragmatism*, (w:) *Collected Papers of Charles Sanders Peirce*, red. C. Hartshorne, P. Weiss, Cambridge 1931–1958, t. 5.
- Persson J., *IBE and EBI: On Explanation before Evidence*, (w:) J. Persson, P. Ylikoski (red.), *Rethinking Explanation*, "Boston Studies in the Philosophy of Science", Springer, Dordrecht 2007.
- Rees M., *Our Cosmic Habitat*, Princeton University Press 2001.
- Ruben D.-H., *Explaining Explanation*, Routledge, New York, 1992 (Taylor & Francis e-Library, 2004).
- Rudnicki K., *Zasady kosmologiczne*, Wyższa Szkoła Ochrony Środowiska, Bydgoszcz 2002.
- Salmon W., *Four Decades of Explanation*, Minneapolis 1989.
- Starkman G.D., Trotta R., *Why Anthropic Reasoning Cannot Predict Lambda*, "Physical Review Letters" 2006, nr 97.
- Szydłowski M., Tambor P.: *Model kosmologiczny (LCDM, CDM) w schemacie pojęciowym efektywnych teorii Wszechświata*, „Filozofia Nauki” 2008, nr 19.
- Turek J., *Wyjaśnianie antropiczne w kosmologii*, „Roczniki Filozoficzne” 2006, t. LIV nr 2.
- Weinberg S., *The Cosmological Constant Problem*, "Review of Modern Physics" 1989, nr 61.
- Weinberg S., *A Priori Probability Distribution of the Cosmological Constant*, 2000, arXiv:astro-ph/0002387.
- Weinberg S., *Facing Up*, Harvard University Press 2001.
- Woodward J., *Making Things Happen: A Theory of Causal Explanation*, Oxford University Press 2003.