

WYKŁADY POZNAŃSKIE Z FILOZOFII

1

Filozofia kosmologii antropicznej

Sławomir Leciejewski



Wydawnictwo Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk



Sławomir Leciejewski jest absolwentem fizyki, filozofii i teologii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. W 2002 roku na podstawie rozprawy *Obserwator w kosmologii antropicznej* uzyskał stopień doktora nauk humanistycznych w zakresie filozofii, a w 2014 roku na podstawie monografii *Cyfrowa rewolucja w badaniach eksperymentalnych* uzyskał stopień doktora habilitowanego. Od roku 2016 pracuje na stanowisku profesora uczelnianego. Obecnie jest kierownikiem Zakładu Filozofii Nauki i Techniki oraz prodziekanem ds. kształcenia na Wydziale Filozoficznym UAM.

Publikuje prace z zakresu filozofii nauki (kosmologii) oraz metodologii nauk przyrodniczych. Jest autorem dwóch monografii: *Rola zasad antropicznych w rozwoju współczesnej kosmologii. Studium metodologiczne* (2007), *Cyfrowa rewolucja w badaniach eksperymentalnych. Studium metodologiczno-filozoficzne* (2013). Zredagował także dwa numery czasopism w całości poświęcone filozofii informatyki: *Studia Metodologiczne* (2017), *Foundations of Computing and Decision Sciences* (2019).

Aktualnie interesują go również zagadnienia dotyczące problematyki relacji nauka – religia (jest twórcą popularnonaukowego kanału podcastowego: www.nauka-religia.pl).



UNIWERSYTET
im. Adama Mickiewicza
w Poznaniu



Filozofia kosmologii antropicznej

WYKŁADY POZNAŃSKIE Z FILOZOFII

Z prac Komisji Filozoficznej PTPN

Redakcja naukowa serii

Prof. UAM dr hab. Piotr W. Juchacz

Przewodniczący Komisji Filozoficznej PTPN

Prof. UAM dr hab. Karolina M. Cern

Prodziekan ds. nauki i współpracy międzynarodowej

Wydziału Filozoficznego UAM

OD POWSTANIA POZNAŃSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYJACIÓŁ NAUK w 1857 roku filozofowie, by wspomnieć tylko pierwszego prezesa towarzystwa hr. Augusta Cieszkowskiego czy Karola Libelta, brali czynny udział zarówno w jego pracach naukowych, jak i aktywnościach nastawionych na krzewienie wiedzy wśród współobywateli.

Kontynuując tę tradycję, obecne władze Komisji Filozoficznej PTPN podjęły inicjatywę wspólnego z Wydziałem Filozoficznym Uniwersytetu im. A. Mickiewicza wydawania serii *Wykłady Poznańskie z Filozofii*, której ambicją jest przywrócenie ducha *res publica literaria* naszym czasom, wszakże w postaci nowej, zdemokratyzowanej i otwartej na krytycznych obywateli dążących do oświeconego rozumienia otaczającego ich świata.

Pochłonięci badaniami pogłębiającymi obecny stan wiedzy ludzkiej, częstokroć nie doceniamy znaczenia podzielenia się ich wynikami z szerszym gronem wykształconych czytelników. Mamy nadzieję, że seria *Wykłady Poznańskie z Filozofii* wraz z towarzyszącymi jej wykładami publicznymi stanowić będzie agorę deliberacji pomiędzy badaczami i świątłymi obywatelami Rzeczypospolitej.

WYKŁADY POZNAŃSKIE Z FILOZOFII **1**

Filozofia kosmologii antropicznej

Sławomir Leciejewski



Wydawnictwo Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk
Poznań 2021

POZNAŃSKIE TOWARZYSTWO PRZYJACIÓŁ NAUK
Wydział Filologiczno-Filozoficzny, Komisja Filozoficzna

SERIA

Wykłady Poznańskie z Filozofii

REDAKCJA NAUKOWA SERII

Piotr W. Juchacz i Karolina M. Cern

GŁÓWNY REDAKTOR WYDAWNICTW PTPN

Jakub Kępiński

RECENZENCI

prof. dr hab. Anna Lemańska

(Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie)

ks. dr hab. Dariusz Dąbek

(Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II)

REDAKCJA JĘZYKOWA I KOREKTA

Małgorzata Szkudlarska

PROJEKT OKŁADKI I ŁAMANIE

TREVO Martins

Publikacja sfinansowana przez Wydział Filozoficzny Uniwersytetu
im. Adama Mickiewicza w Poznaniu



Creative Commons: Uznanie autorstwa – Bez utworów
zależnych 4.0 Międzynarodowe (CC BY-ND 4.0)

Poznań 2021

ISBN 978-83-7654-442-7

DOI 10.14746/978-83-7654-442-7

Wydawnictwo

Poznańskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk

ul. Mielżyńskiego 27/29, 61-725 Poznań

<http://www.ptpn.poznan.pl>, dystribucja@ptpn.poznan.pl

Spis treści

Wstęp	7
1. Filozofia kosmologii	13
1.1. Naukowy wymiar kosmologii	13
1.2. Filozoficzny wymiar kosmologii	31
2. Wszechświat antropiczny	55
2.1. Kosmiczny kontekst życia	56
2.2. Zasady antropiczne	67
3. Filozofia w kosmologii antropicznej	77
3.1. Kosmologia antropiczna	78
3.2. Filozoficzne implikacje kosmologii antropicznej	88
Bibliografia	107
Streszczenie	113
Summary	115

Wstęp

Z KOSMOLOGIĄ JAKO NAUKĄ mamy do czynienia dopiero w XX wieku. Jej unaukowanie umożliwiło powstanie ogólnej teorii względności (OTW) w 1915 roku, która stała się teoretyczną podstawą głównych modeli kosmologicznych. Pierwszym tego typu modelem była propozycja Alberta Einsteina z 1917 roku, w której zastosowano równania OTW do całego Wszechświata¹. Model ten ukazywał kosmologię jako naukę o budowie Wszechświata, tj. o jego strukturze w największej skali (Wszechświat w kosmologicznym modelu Einsteina nie ewoluował jako całość, dlatego w tym wypadku można mówić o kosmologii jako nauce tylko o strukturze Wszechświata).

Kilka lat później, dzięki badaniom teoretycznym Aleksandra Friedmana (1922 rok) i Georgesa Lemaitre'a

¹ Pisany z wielkiej litery termin „Wszechświat” będą odnosił do naszego obserwowalnego oraz opisywanego przez równania OTW Wszechświata. Z małej litery natomiast słowo „wszechświat” zostanie napisane, gdy mowa będzie o innych, np. potencjalnie istniejących lub ontologicznie równoległych wszechświatach, w zbiorze których znajduje się nasz Wszechświat antropiczny.

(1926 rok), a także powiększającej się bazy obserwacyjnej w związku z pracą Edwina Hubble'a (1929 rok), okazało się, że Wszechświat nie jest stacjonarny, jak postulował Einstein, ale podlega ewolucji, którą zidentyfikowano jako rozszerzanie się Wszechświata. Tak więc, już w latach dwudziestych XX wieku kosmologia relatywistyczna (konstruowana na bazie OTW) z nauki o budowie (strukturze) Wszechświata przekształciła się w naukę o strukturze i ewolucji Wszechświata.

Kulminacją tego etapu rozwoju kosmologii naukowej było powstanie teorii Wielkiego Wybuchu, tj. skonstruowanie tzw. standardowego modelu kosmologicznego, zgodnie z którym ewolucja Wszechświata przebiegała w pięciu fazach, najczęściej nazywanych erami: erze Plancka, erze hadronowej, erze leptonowej, erze promienistej oraz erze galaktycznej (w latach osiemdziesiątych XX wieku scenariusz ten rozbudowano o erę inflacyjną, którą umieszczono po erze Plancka, a przed erą hadronową). Powszechne przyjęcie teorii Wielkiego Wybuchu nastąpiło po 1965 roku, tj. po odkryciu przez Arno Penziasa i Roberta Wilsona kosmicznego promieniowania tła, które praktycznie sfalsyfikowało alternatywną teorię stanu stacjonarnego, rozwijaną od 1948 roku.

Kolejnym silnym impulsem dla rozwoju kosmologii była mikrofizyka. Z uwagi na fakt, że Wszechświat był po Wielkim Wybuchu bardzo mały (znacznie mniejszy od protonu), należało do opisu wczesnych faz ewolucji Wszechświata oprócz OTW użyć także mechaniki kwantowej. W ten sposób powstała kosmologia kwantowa

(zwana także kosmologią kwantowo-relatywistyczną). Wraz z jej powstaniem zaczęto próbować podawać naukowe rozwiązania fundamentalnego zagadnienia, podejmowanego wcześniej jedynie przez filozofię i teologię, a mianowicie problemu pochodzenia Wszechświata. W ten sposób kosmologia jeszcze bardziej rozszerzyła przedmiot swoich zainteresowań, a tym samym bardziej zbliżyła się do filozofii. Można zatem powiedzieć, że rozważania z zakresu kosmologii kwantowej dotyczą struktury, rozwoju i pochodzenia Wszechświata. Tak zakrojone trójczłonowe pole badawcze kosmologii końca XX wieku i początku XXI wieku czyni ją wielką dziedziną badań naukowych o fundamentalnym znaczeniu dla filozofii.

Jednakże już w XX wieku badania z zakresu kosmologii naukowej zaczęto odnosić do faktu istnienia białkowych form życia (człowieka – *antropos*) na jednej z planet. Relacje zachodzące między strukturą, rozwojem i pochodzeniem Wszechświata a możliwością zaistnienia i trwania życia zaczęto ujmować w różne wersje zasad antropicznych (zagadnienie to szerzej zostanie opisane w rozdz. 2). Wszechświat zaś, w którym możliwe było powstanie oraz ewolucja białkowych form życia, nazywano Wszechświatem antropicznym. Tym samym dotychczasowe trójczłonowe pole badawcze kosmologii (struktura, rozwój i pochodzenie Wszechświata) zostało uzupełnione o człon czwarty – pochodzenie życia we Wszechświecie. Innymi słowy kosmologia antropiczna próbowałaby nie tylko rekonstruować i opisywać

strukturę, rozwój i pochodzenie Wszechświata, ale także mówiłaby o pochodzeniu i możliwości ewolucji życia we Wszechświecie.

Tego typu złożona problematyka badawcza kosmologii antropicznej kojarzyć się może ze słynnym pytaniem Arystotelesa, powtórzonym przez Gottfrieda Leibniza i Martina Heideggera: dlaczego istnieje raczej coś niż nic? Do odpowiedzi na nie mogą prowadzić wielopłaszczyznowe badania na styku filozofii i nauki, a unaukowanie kosmologii, które dokonało się w XX wieku, bynajmniej nie oznacza zerwania ścisłych jej więzi z filozofią. Kosmologia, ze względu na charakter swoich badań, niezbyt obszerną bazę empiryczną, konieczność stosowania ekstremalnych ekstrapolacji, używanie pozaempirycznych kryteriów oceny modeli itp., cały czas jest nauką na styku nauk empirycznych oraz filozofii.

* * *

NINIEJSZE OPRACOWANIE Z PEWNOŚCIĄ nie pretenduje do bycia wyczerpującym podręcznikiem z zakresu filozofii kosmologii antropicznej. Celem książki jest jedynie ogólne wprowadzenie w wybrane zagadnienia związane z bardzo szeroką dziedziną badań, osadzoną na pograniczu filozofii oraz kosmologii. W pierwszym rozdziale przedstawiony zostanie naukowy oraz filozoficzny wymiar kosmologii. W drugim omówione zostaną kosmiczne koincydencje, kosmiczny kontekst życia oraz przypomniane zostaną podstawowe sformułowania

zasad antropicznych. W kończącym pracę rozdziale trzecim określe, w jaki sposób można współcześnie rozumieć kosmologię antropiczną oraz zakresle podstawowe jej filozoficzne implikacje.

W celu lepszego zrozumienia treści zawartych w niniejszym opracowaniu zalecane jest wcześniejsze przeczytanie trzech ksiązek (najlepiej w kolejności ich zaprezentowania): *Elementy filozofii przyrody* (Heller, Pabjan 2014), *Filozofia kosmologii* (Such, Szcześniak, Szczuciński 1998) oraz *Filozofia kosmologii. Wprowadzenie* (Heller 2013). Złożona w ręce Czytelnika *Filozofia kosmologii antropicznej* zakłada podstawową znajomość filozofii przyrody oraz podstaw filozofii kosmologii, a lektura wyżej wymienionych pozycji w zupełności wystarczy dla uzyskania elementarnej wiedzy w tym zakresie. Przydatnym uzupełnieniem i rozszerzeniem niektórych wątków zawartych w niniejszym opracowaniu będzie lektura pierwszej części monografii *Rola zasad antropicznych w rozwoju współczesnej kosmologii. Studium metodologiczne* (Leciejewski 2007: 7–180) oraz publikacji, do których odwołania znajdują się w przypisach i bibliografii (większość z nich to łatwo dostępne pozycje, osiągalne również w języku polskim).

Pragnę także serdecznie podziękować Recenzentom – prof. dr hab. Annie Lemańskiej oraz ks. dr. hab. Dariuszowi Dąbkowi za wiele szczegółowych uwag i propozycji zmian do pierwotnej wersji tekstu. Z pewnością ich uwzględnienie przyczyniło się do znaczącej poprawy jednoznaczności prezentowanych w książce treści.



Filozofia kosmologii

FILOZOFIA ORAZ KOSMOLOGIA w wielowiekowej koegzystencji zajmowały się podobną problematyką (np. problem pochodzenia Wszechświata, jego podstawowych składników, jego skończoności lub nieskończoności itd.). Gdy kosmologia stała się nauką empiryczną (o tym będzie traktował rozdz. 1.1), nie porzuciła swoich mocnych związków z filozofią (rozdz. 1.2), a sama filozofia kosmologii stała się ważną częścią filozofii przyrody i nauk przyrodniczych.

1.1. Naukowy wymiar kosmologii

POZNANIE WIELKOSKALOWEJ STRUKTURY Wszechświata stało się możliwe dopiero po sformułowaniu ogólnej teorii względności (OTW) i po powstaniu kosmologii, tj. nauki o Wszechświecie w jego największej możliwej skali. W OTW sformułowanie praw fizyki oraz opis ruchu posiada taką samą postać matematyczną we wszystkich układach odniesienia (inercjalnych i nieinercjalnych).

W ramach OTW pole grawitacyjne interpretuje się jako zakrzywienie czasoprzestrzeni, a wzajemny związek pola grawitacyjnego oraz czasoprzestrzeni określają podstawowe tezy OTW. Pierwsza z nich stwierdza, że czasoprzestrzeń bez pola grawitacyjnego jest płaska (opisuje ją geometria Minkowskiego). Druga sugeruje, że czasoprzestrzeń, w której istnieje pole grawitacyjne, jest zakrzywiona, to znaczy, że pole grawitacyjne jest zakrzywieniem czasoprzestrzeni (tzn. składowe tensora metrycznego determinują strukturę czasoprzestrzeni i równocześnie są interpretowane jako potencjały pola grawitacyjnego). W myśl trzeciej źródłem pola grawitacyjnego jest czasoprzestrzenny rozkład mas, energii i pędów; czasoprzestrzeń jest odkształcana przez jej zawartość (tj. masę, energię i pęd). Zgodnie z czwartą tezą OTW zakrzywienie czasoprzestrzeni decyduje o ruchu (tj. przyspieszeniu) materii istniejącej w czasoprzestrzeni.

Formalną postać powyższym tezom nadają zaproponowane przez Einsteina równania pola grawitacyjnego (równania pola, równania Einsteina). Są one zapisane przy pomocy symetrycznych tensorów drugiego rzędu i posiadają dziesięć niezależnych składowych, dlatego jest to układ dziesięciu nieliniowych równań różniczkowych. W najprostszym ich odczytaniu materia „sugeruje” czasoprzestrzeni, jak ma się zakrzywiać, a czasoprzestrzeń „sugeruje” materii, jak ma się poruszać. Innymi słowy – równania te artykułują, w jaki sposób rozkład materii (mas, energii i pędów) określa geometrię, czyli zakrzywienie czasoprzestrzeni, a w innym ich odczytaniu

mówią, w jaki sposób geometria czasoprzestrzeni wpływa na rozkład i ruch materii.

Warto mocno podkreślić, że OTW została bardzo dobrze przebadana empirycznie. Do klasycznych jej testów obserwacyjnych zalicza się: anomalie orbity Merkurego (OTW adekwatnie opisuje ruch Merkurego wokół Słońca, czego dobrze nie potrafiła zrobić mechanika klasyczna), ugięcie promieni świetlnych (w czasie zaćmienia Słońca w 1919 roku potwierdzono, że promienie światła poruszają się w zakrzywionej czasoprzestrzeni po liniach geodezyjnych, a nie po liniach prostych, co sugerowałaby geometria Euklidesa, używana do opisu przestrzeni w mechanice Isaaca Newtona) oraz grawitacyjne spowolnienie upływu czasu (w silnych polach grawitacyjnych wszystkie procesy fizyczne przebiegają wolniej, ponieważ grawitacja ma wpływ na upływ czasu).

Niewątpliwie jednym z głównych zastosowań OTW jest kosmologia, którą najczęściej nazywa się kosmologią relatywistyczną. W jej ramach wykorzystuje się aparat pojęciowy OTW do określenia struktury Wszechświata oraz do rekonstrukcji jego ewolucji w czasie. Bazy empirycznej, niezbędnej do określania założeń wyjściowych oraz do weryfikowania uzyskanych rezultatów, dostarczają kosmologii relatywistycznej różnego rodzaju obserwacje astronomiczne. Tak więc do

tęgo, aby mogła powstać kosmologia jako nauka o wszechświecie w jego największej skali, potrzebne są dwa elementy: baza obserwacyjna i teoria fizyczna, która by tę bazę pojęciowo organizowała i mogła na jej podstawie przewidywać nowe zjawiska (Heller 2013: 32).

Podstawowym pytaniem kosmologii jest to, w jaki sposób wszystkie masy i źródła energii obecne we Wszechświecie zakrzywiają jego czasoprzestrzeń. Jest to tzw. zagadnienie kosmologiczne, którego rozwiązania poszukuje się trój etapowo. Po pierwsze, należy zebrać odpowiednio dużą ilość informacji dotyczących rozkładu materii w możliwie największej skali. Tego typu obserwacyjnej bazy kosmologii dostarcza przede wszystkim astronomia pozagalaktyczna, która opiera się na obserwacjach wykonywanych przy użyciu teleskopów oraz radioteleskopów. Drugim etapem badań kosmologicznych jest rozwiązywanie równań pola OTW. W ten sposób otrzymujemy informacje, jakie geometrie czasoprzestrzenne odpowiadają rozkładowi materii, który uzyskany został w wyniku obserwacji. Każde tego typu rozwiązanie równań OTW opisuje osobny model kosmologiczny. Trzecim etapem badań jest testowanie modeli kosmologicznych, w ramach którego dokonuje się porównania teoretycznych wyników z efektami obserwacji astronomicznych. W ten sposób z wielu możliwych modeli, które powstają w wyniku rozwiązania równań pola OTW, wybiera się te, które najlepiej zgadzają się z obserwacjami.

Na naukowy wymiar współczesnej kosmologii składa się m.in. to, że z każdego z modeli kosmologicznych wynikają określone przewidywania, które porównuje się z wynikami obserwacji. Pozwala to stwierdzić, który model kosmologiczny dobrze, a który źle opisuje strukturę i ewolucję Wszechświata. Do najczęściej dyskutowanych przewidywań empirycznych modeli kosmologicznych

zaliczyć można: przestrzenny rozkład galaktyk, przesunięcie ku czerwieni wraz z prawem Hubble'a, promieniowanie reliktowe tła.

Przestrzenny rozkład galaktyk umożliwia określenie średniej gęstości materii we Wszechświecie. Nie można jej oszacować dokładnie, gdyż obserwacje astronomiczne pozwalają uwzględnić jedynie materię widoczną, a niestety nie wszystkie obiekty astronomiczne emitują promieniowanie elektromagnetyczne. To ostatnie zalicza się do tzw. ciemnej materii, która – jak się okazuje – stanowi znaczny procent masy całego Wszechświata (szczegółowe opracowanie tego zagadnienia znaleźć można w: Pabjan 2014).

Skuteczną metodą badania składu chemicznego gwiazd i całych galaktyk jest analiza spektralna, tzn. uzyskiwanie widma optycznego, charakterystycznego dla pierwiastków, z których zbudowane są gwiazdy i galaktyki, emitujące poddawane analizie światło. Podczas tego typu badań widm optycznych całych galaktyk okazało się, że światło niemal wszystkich galaktyk wykazuje przesunięcie w kierunku czerwonego końca widma. Zjawisko to, często nazywane przesunięciem ku czerwieni, można wyjaśnić, bazując na efekcie Dopplera (gdy źródło światła oddala się od obserwatora, wzrasta obserwowana przez niego długość fali światła, czego skutkiem jest poczerwienienie). Jest to ważny argument na rzecz ucieczki galaktyk, tzn. efektu rozszerzania się Wszechświata.

Hubble zauważył, że pomiary przesunięcia ku czerwieni w widmach galaktyk wykazują pewną ważną

zależność: im większa odległość do określonej galaktyki, tym większe jest przesunięcie ku czerwieni w widmie jej światła. Oznacza to, że wraz ze wzrostem odległości galaktyk wzrasta również prędkość ich ucieczki. W 1929 roku Hubble sformułował tę zależność w postaci prawa, nazwanego później prawem Hubble'a, które stwierdza, że prędkość ucieczki galaktyk jest wprost proporcjonalna do odległości, jaka dzieli obserwatora od danej galaktyki.

Dość oczywistą konsekwencją prawa Hubble'a jest stwierdzenie, że wszystkie galaktyki znajdowały się kiedyś blisko siebie, gdyż to sugeruje odwrócenie w czasie procesu ucieczki galaktyk. Moment ten nazwano Wielkim Wybuchem, a hipoteza ta pojawiła się już w 1922 roku, w kosmologicznym modelu Friedmana oraz niezależnie w modelu Lemaitre'a z 1927 roku. Wyraźne potwierdzenie tej hipotezy pojawiło się dopiero w 1965 roku, tj. po odkryciu mikrofalowego promieniowania tła (zwanego również promieniowaniem reliktowym) przez Penziasa i Wilsona. Jest to promieniowanie elektromagnetyczne, będące pozostałością po wczesnych etapach ewolucji Wszechświata. Powstało ono, gdy temperatura otoczenia spadła na tyle, że promieniowanie elektromagnetyczne mogło oddzielić się na stałe od materii korpuskularnej.

Ważną cechą promieniowania relikтового jest jego izotropowość, co oznacza, że każdy punkt nieba promieniuje z takim samym natężeniem. Efekt ten interpretuje się jako potwierdzenie stanu, że we wczesnym Wszechświecie materia rozłożona była w przestrzeni w niemal idealnie jednorodny sposób (tj. w każdym punkcie,

średnio rzecz biorąc, było tyle samo materii). Ponadto minimalne fluktuacje, tj. zmiany natężenia promieniowania relikтового odpowiadają tym miejscom w przestrzeni, w których mogły utworzyć się załączki pierwszych galaktyk.

Jednakże, aby opisaną wyżej bazę empiryczną móc porównywać z uzyskanymi z obliczeń modelami kosmologicznymi, musimy poczynić dwa bardzo ważne i bardzo mocne założenia. Po pierwsze, musimy założyć, że prawa fizyki, które obowiązują na Ziemi i w jej najbliższym sąsiedztwie, obowiązują w niezmienionej wersji w całym Wszechświecie. Po drugie, że przestrzeń Wszechświata w największej skali jest jednorodna i izotropowa.

Pierwsze założenie związane jest z problemem ekstrapolacji (uogólnienia) wyników obserwacji, które są podstawą dla konstruowania oraz testowania modeli kosmologicznych. Wiadomo bowiem, że rozmiary Wszechświata są ogromne, a prędkość światła niosącego informacje z odległych obszarów ma skończoną wartość, zatem niecały obszar czasoprzestrzeni jest dostępny do obserwacji z Ziemi. Tak więc, aby na podstawie skromnej bazy obserwacyjnej móc orzekać o strukturze całego Wszechświata, należy przyjąć założenie, które pozwala ekstrapolować wnioski uzyskane w obszarach bliskich Ziemi na obszar całego Wszechświata.

Drugie założenie, mówiące o tym, że przestrzeń Wszechświata w największej skali jest jednorodna i izotropowa, nazywa się zasadą kosmologiczną. Zgodnie z nią w przestrzeni Wszechświata nie ma wyróżnionych

punktów (jednorodność Wszechświata) ani kierunków (izotropowość Wszechświata). Wiadomo, że w małej skali zasada kosmologiczna nie jest spełniona, jednakże w największej skali odstępstwa od jednorodności i izotropowości są niewielkie. Warto nadmienić, że przyjęcie upraszczających założeń w stylu zasady kosmologicznej umożliwi rozwiązywanie równań pola OTW, a w wielu przypadkach w ogóle przeprowadzenie rachunków. Zatem bez przyjęcia zasady kosmologicznej bardzo często nie dałoby się przeprowadzić omówionego wyżej drugiego etapu konstrukcji modelu kosmologicznego, czyli rozwiązywania równań pola OTW.

Jednym z ważnych rozwiązań równań pola z uwzględnieniem m.in. założeń dotyczących rozkładu materii we Wszechświecie jest równanie Friedmana, który w 1922 roku jako pierwszy znalazł tę postać równań pola. Równanie to opisuje czasową ewolucję Wszechświata, czyli określa, jak zmienia się promień Wszechświata w miarę upływu czasu; posiada trzy rozwiązania, a każde z nich opisuje inny model kosmologiczny (z dodatnią, zerową lub ujemną krzywizną przestrzeni), ale – co ważne – każdy z nich spełnia zasadę kosmologiczną. Są to: model płaski, model zamknięty i model otwarty.

Proces ewolucji w modelach Friedmana rozpoczyna się od osobliwości początkowej (czas dąży do zera, promień Wszechświata dąży do zera, gęstość materii dąży do nieskończoności). W modelu płaskim przestrzeń Wszechświata jest płaska (obowiązuje pseudoeuklidesowa geometria, gdzie suma kątów trójkąta równa się 180°) i nieskończona

(krzywizna przestrzeni zerowa). Wszechświat rozszerza się w nieskończoność, choć tempo ekspansji zmniejsza się wraz z upływem czasu. W modelu zamkniętym przestrzeń jest zakrzywiona dodatnio (obowiązuje geometria pseudo-riemanna, gdzie suma kątów trójkąta jest większa od 180°) i zamknięta (tzn. skończona). Wszechświat rozszerza się do pewnego momentu, a następnie zaczyna się kurczyć (następuje tzw. kontrakcja) aż do punktu, który najczęściej nazywany jest osobliwością końcową. W modelu otwartym natomiast przestrzeń jest zakrzywiona ujemnie (obowiązuje geometria Łobaczewskiego, gdzie suma kątów trójkąta jest mniejsza od 180°) i nieskończona, co oznacza, że Wszechświat rozszerza się w nieskończoność, a tempo ekspansji jest większe niż w modelu płaskim.

Istnieje możliwość sprawdzenia, który z modeli Friedmana opisuje historię naszego Wszechświata. W tym celu należy porównać średnią gęstość materii Wszechświata z tzw. gęstością krytyczną, którą określa się jako najmniejszą gęstość potrzebną do zachowania grawitacyjnej równowagi pomiędzy rozszerzaniem się a kurczeniem wszechświata. Innymi słowy jest to gęstość potrzebna do uzyskania, wyżej opisanego, modelu płaskiego. Gęstość większa od gęstości krytycznej powoduje zamknięcie modelu i z czasem prowadzi do grawitacyjnego kurczenia wszechświata (model zamknięty). Gęstość mniejsza od gęstości krytycznej sprawia, że grawitacja jest zbyt słaba, by powstrzymać ekspansję Wszechświata (model otwarty).

Pierwszym modelem kosmologicznym, od którego datuje się powstanie kosmologii naukowej, był wspomniany

już statyczny model Einsteina, zaproponowany w 1917 roku. Proponuje on wizję Wszechświata, który ani się nie rozszerza, ani nie kurczy. Nie występuje tam ani początkowa, ani końcowa osobliwość. Einstein, będąc pod wpływem idei filozoficznych mówiących o wieczności i niezmienności Wszechświata, musiał zmodyfikować swoje równania pola (dodał tzw. człon kosmologiczny ze stałą kosmologiczną), gdyż równania te sugerowały, że Wszechświat powinien być strukturą zmienną w czasie, tzn. podlegać ekspansji bądź kontrakcji. W ten sposób wymusił statyczność modelu, ale szybko okazało się, że jest to rozwiązanie niestabilne (najmniejsze zakłócenie stanu równowagi powodowałoby rozpoczęcie ekspansji lub kontrakcji Wszechświata). Gdy Einstein dowiedział się, że Wszechświat rzeczywiście się rozszerza, uznał wprowadzenie stałej kosmologicznej do swoich równań pola za największą pomyłkę życia.

Osobliwość początkowa, występująca w modelach Friedmana, pozwalała natomiast snuć filozoficzne i teologiczne dywagacje dotyczące początku Wszechświata. Było to zagrożenie dla materialistycznych stanowisk filozoficznych, które m.in. zakładają odwieczność materii. Zaczęto zatem szukać modeli, w których nie występuje osobliwość początkowa. Pierwszą znaną szerzej propozycją tego typu była teoria stanu stacjonarnego, sformułowana przez Freda Hoyle'a oraz Thomasa Golda i Hermana Bondiego (w 1948 roku). Łączy ona ideę ekspansji Wszechświata z założeniem o braku początkowej osobliwości. Postulowany stan stacjonarny oznacza, że mimo

upływu czasu Wszechświat jest z grubsza taki sam, tzn. nie zmienia się w nim średnia gęstość materii. Jest to możliwe, gdyż mimo ekspansji we Wszechświecie nieustannie następuje kreacja materii z niczego. Teoria ta była jawnie sprzeczna z zasadą zachowania energii, jednak chęć pozbycia się początku Wszechświata była na tyle atrakcyjna (początek Wszechświata kojarzył się z jego stworzeniem), że przez kilkanaście lat model stanu stacjonarnego traktowano jako poważną naukową alternatywę dla teorii Wielkiego Wybuchu. W 1965 roku model ten nie przeszedł jednak pomyślnie konfrontacji z odkrytym wtedy mikrofalowym promieniowaniem tła i prace nad nim zostały zarzucone.

Po tym odkryciu zaczął się ostatecznie krystalizować tzw. standardowy model kosmologiczny. Jest on zgodny z dużą liczbą danych obserwacyjnych i jest przyjmowany przez większość kosmologów. Zgodnie z tym modelem na początku był Wielki Wybuch, tzn. ewolucja Wszechświata zaczęła się od początkowej osobliwości. Właśnie wtedy zaczął płynąć czas i pojawiła się przestrzeń, która od razu po Wielkim Wybuchu zaczęła gwałtownie się rozszerzać. Niżej w skrócie przedstawię najważniejsze etapy ewolucji Wszechświata zgodne ze standardowym modelem kosmologicznym (szczegółowy opis scenariusza ewolucji Wszechświata od Wielkiego Wybuchu w ramach standardowego modelu kosmologicznego znaleźć można w: Heller, Pabjan 2014: 178–187).

W początkowych fazach ewolucji gęstość i temperatura były ogromne, a cały Wszechświat miał rozmiary

mniejsze od atomu, zatem kwantowe efekty grawitacji, jakie się wówczas pojawiły, powodują, że obecnie znane teorie fizyczne (OTW i mechanika kwantowa) są niewystarczające do wyjaśnienia zachodzących wtedy procesów fizycznych. Byłoby to możliwe, gdybyśmy dysponowali kwantową teorią grawitacji (połączeniem OTW z mechaniką kwantową), która pozwoliłaby dobrze opisać jedno, w pełni zunifikowane oddziaływanie, które wtedy miało wpływ na ewolucję Wszechświata (połączenie oddziaływania grawitacyjnego z oddziaływaniem silnoelektrosłabym, będącym połączeniem oddziaływania jądrowego silnego i słabego z elektromagnetycznym), gdyż rosnąca temperatura i ciśnienie powodują stopniowe unifikowanie (łączenie) kolejnych oddziaływań fizycznych.

W chwili 10^{-44} s od Wielkiego Wybuchu (gęstość: 10^{93} g/cm³; temperatura: 10^{33} K) zaczęły obowiązywać znane nam teorie fizyczne. Moment ten najczęściej nazywa się progiem Plancka. Ważnym procesem, który wtedy zaszedł z uwagi na fakt spadku gęstości i temperatury, jest zanik pierwotnej symetrii, a z połączonych dotychczas oddziaływań oddziela się grawitacja (nadal zunifikowane są oddziaływania elektrosłabe i jądrowe silne).

W scenariuszach modelu standardowego od lat osiemdziesiątych XX wieku pojawia się inflacja, tzn. proces nagłego rozděcia Wszechświata. Przestrzeń Wszechświata powiększa się 10^{30} razy, a po zakończeniu inflacji tempo ekspansji powraca do zgodnej z rozwiązaniami równań OTW. Przyjęcie hipotezy inflacji pozwala wyjaśnić paradoks horyzontu (dlaczego Wszechświat jest

jednorodny w dużej skali), ale nie posiada zadowalającej bazy empirycznej.

W czasie 10^{-35} s spadek temperatury i gęstości powoduje kolejne łamanie symetrii. Z trzech połączonych jeszcze oddziaływań uwalnia się oddziaływanie jądrowe silne, a na skutek rozpadu nośników oddziaływań silnych pojawiają się kwarki i antykwarki. Zunifikowane pozostaje tylko oddziaływanie elektroślabe, które w czasie 10^{-12} s po Wielkim Wybuchu (gęstość: 10^{25} g/cm³; temperatura: 10^{15} K) rozpada się na oddziaływanie elektromagnetyczne i jądrowe słabe. Od tej chwili do dzisiaj we Wszechświecie istnieją cztery oddziaływania fundamentalne: grawitacyjne (zwane ciężeniem powszechnym, które zależy od masy oddziałujących ciał oraz od odległości między nimi), elektromagnetyczne (związane jest z elektrycznymi i magnetycznymi własnościami materii), jądrowe silne (zachodzi między nukleonami jądra atomowego i odpowiada za jego strukturę, a także stabilność) oraz jądrowe słabe (odpowiada za radioaktywność pierwiastków; podlegają mu tylko kwarki i leptony).

W czasie 10^{-6} s (temperatura: 10^{13} K) ze swobodnych kwarków zaczynają powstawać cząstki elementarne (hadrony, tj. protony i neutrony), które są połączone siłami jądrowymi silnymi, oraz ich antycząstki (antyhadrony). W czasie 10^{-4} s, tj. pod koniec ery hadronowej, prawie wszystkie hadrony i antyhadrony ulegają anihilacji, co oznacza, że zmieniają się w promieniowanie elektromagnetyczne. Nieznane dotychczas powody sprawiają, że istnieje niewielka nadwyżka hadronów nad antyhadronami,

zatem część hadronów nie ulega anihilacji i stanowią one całą materię hadronową wypełniającą nasz Wszechświat.

W chwili 10^{-4} s po Wielkim Wybuchu zaczyna się trwająca kilka sekund era leptonowa. Obniżenie temperatury do 10^{12} K sprawia, że powstają leptony, czyli cząstki oddziałujące siłami jądrowymi słabymi (tj. elektrony, neutrino i ich antycząstki). Po tym procesie zaczyna się nukleosynteza, tj. trwający kilka minut proces syntezy jąder lekkich pierwiastków, głównie helu (jądra wodoru powstały w erze hadronowej). Kilka sekund po Wielkim Wybuchu rozpoczyna się anihilacja niemal wszystkich elektronów i pozytonów (także istnieje nadwyżka leptonów nad antyleptonami) i rozpoczyna się kolejna era w historii Wszechświata, która trwa kilkadziesiąt tysięcy lat.

W czasie 10 s od Wielkiego Wybuchu rozpoczyna się era promienista, a oznacza to, że całą przestrzeń Wszechświata wypełnia promieniowanie elektromagnetyczne, powstałe w wyniku anihilacji hadronów i leptonów z antyhadronami i antyleptonami. Część hadronów i leptonów, które ocalały z anihilacji, jest zdominowana przez znacznie gęstsze od nich promieniowanie. Warto jednak zaznaczyć, że gęstość promieniowania maleje znacznie szybciej niż gęstość materii hadronowo-leptonowej i około 380 000 lat po Wielkim Wybuchu gęstość promieniowania wyrównuje się z gęstością materii. Do tego czasu fotony mocno oddziaływały z materią, uniemożliwiając jądom atomowym wychwytywanie elektronów, a tym samym utrzymywały materię Wszechświata w stanie plazmy. Po

tym czasie następuje oddzielenie promieniowania od materii. Promieniowanie to obserwujemy obecnie jako mikrofalowe promieniowanie tła.

W tym czasie, gdy promieniowanie oddzieliło się od materii, dalszy spadek temperatury, tym razem do wartości 10^4 K, spowodował, że nastąpiła rekombinacja, tzn. zjonizowane dotąd jądra atomów zaczęły wychwytywać elektrony, co spowodowało powstanie pierwszych w historii Wszechświata atomów (powstał: wodór, hel i niewielkie ilości: litu, berylu i deuteru).

W czasie 380 000 lat po Wielkim Wybuchu rozpoczyna się, trwająca do dzisiaj, era galaktyczna. Minimalne fluktuacje gęstości w niemal równomiernym rozkładzie wodoru i helu zapoczątkowują pojawianie się zagęszczeń materii, z których pod wpływem przyciągania grawitacyjnego po kilkudziesięciu milionach lat tworzą się pierwsze galaktyki. W ich obrębie materia nadal się zagęszcza, co prowadzi do pojawienia się zalążków pierwszych gwiazd. W ich wnętrzach zaczynają powstawać ciężkie pierwiastki, z których zbudowane są organizmy żywe.

Przedstawiony wyżej w dużym skrócie standardowy model kosmologiczny, który opisuje bardzo prawdopodobny przebieg ewolucji Wszechświata, to jedno z najważniejszych osiągnięć nauki w XX wieku. Nie dysponujemy obecnie potwierdzeniem empirycznym wszystkich etapów ewolucji, gdyż potwierdzenie np. wielkiej unifikacji (unifikacji oddziaływania elektroslabego z jądrowym silnym) i superunifikacji (silnoelektroslabego z grawitacyjnym) oddziaływań opisanych w ramach modelu

standardowego wymaga tak wielkich energii, które są nieosiągalne w ziemskich laboratoriach. Małą unifikację oddziaływania elektromagnetycznego i jądrowego słabego (w jedno oddziaływanie elektroslabe), która zachodzi dla energii 100 GeV, co odpowiada chwili 10^{-12} s, po Wielkim Wybuchu udało się potwierdzić eksperymentalnie w akceleratorze SPS (*Super Proton Synchrotron*) w CERN w 1976 roku, co stanowi znaczący argument na rzecz standardowego modelu kosmologicznego.

Niestety, w ramach tego modelu nie udało się w zadowalający sposób wyjaśnić problemu horyzontu (zadziwiająca jednorodność Wszechświata w jego największej skali) oraz problemu płaskości (gęstość Wszechświata równa jest gęstości krytycznej). Podejmowane są próby rozwiązania tych problemów poprzez postulowanie istnienia fazy inflacyjnej w historii Wszechświata. Owo szybkie rozszerzanie się Wszechświata może bowiem wygładzać go i czynić jednorodnym.

Innymi trudnościami standardowego modelu kosmologicznego są – problem ciemnej materii oraz brak proporcji między ilością materii i antymaterii w początkowych fazach ekspansji Wszechświata. Niewyjaśnione przez ten model pozostają także wartości stałych fizyki oraz ilość wymiarów czasoprzestrzeni. Próby wyjaśnienia tych problemów podejmowane są w ramach kosmologii antropicznej, bazującej na zasadach antropicznych (temu zagadnieniu zostanie poświęcony drugi rozdział książki).

Na zakończenie tej części rozważań warto zadać fundamentalne pytanie: co zatem stanowi o tym, że kosmologię

możemy zaliczyć do nauk empirycznych? Odpowiedzi na tak postawione pytanie należy szukać na dwóch płaszczyznach – teoretycznej oraz eksperymentalnej. Kosmologia w XX wieku została ugruntowana na ogólnej teorii względności, a w kolejnych fazach swojego rozwoju zaczęła korzystać z mechaniki kwantowej oraz fizyki cząstek elementarnych. Tak więc kosmologia posiada solidne podstawy teoretyczne w postaci dwóch najważniejszych teorii fizycznych, powstałych w XX wieku (OTW i mechaniki kwantowej). Co istotne, w kontekście bycia nauką empiryczną, kosmologia relatywistyczna (bazująca na OTW) w kilka lat po powstaniu zaczęła gromadzić swoją bazę empiryczną, do której można zaliczyć m.in.: przesunięcie linii widmowych galaktyk ku czerwieni, gęstość występowania pierwiastków we wszechświecie, promieniowanie reliktowe wraz z drobnymi zaburzeniami jego jednorodności itd.

Tak więc decydujące dla przekształcenia wiedzy kosmologicznej w wiedzę naukową były zarówno pewne osiągnięcia teoretyczne, jak i określone odkrycia obserwacyjne. Do największych osiągnięć teoretycznych należało sformułowanie OTW w 1915 roku przez Einsteina i powstanie na jej podstawie kosmologii relatywistycznej, którą zapoczątkował pierwszy model kosmologiczny tego samego badacza z 1917 roku. OTW stworzyła teoretyczne podstawy dla kosmologii jako nauki, a różne warianty rozwiązań tych równań doprowadziły w konsekwencji do sformułowania standardowego modelu kosmologicznego.

Odkrycia obserwacyjne prowadzące do naukowego statusu kosmologii zapoczątkowało odkrycie

przesunięcia ku czerwieni widm odległych galaktyk, które zostało zinterpretowane po dopplerowsku jako skutek rozszerzania się Wszechświata. Potwierdziło ono dynamiczną (a nie statyczną) wizję Wszechświata. Kolejnym ważnym dla kosmologii odkryciem było zarejestrowanie promieniowania relikтового w 1965 roku, które zinterpretowano jako pozostałość po Wielkim Wybuchu, co ugruntowało mocną pozycję standardowego modelu kosmologicznego (a doprowadziło do odrzucenia modeli stacjonarnych). Bardzo ważnym wynikiem obserwacyjnym było także odkrycie przez satelitę COBE w 1992 roku (*Cosmic Background Explorer*) subtelnych niejednorodności promieniowania relikтового, które zinterpretowano jako argument na rzecz zasadności wprowadzenia fazy inflacyjnej do standardowego modelu kosmologicznego (dokładniejsze dane uzyskano w 2003 roku z użyciem satelity WMAP, tj. *Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*).

Kosmologię możemy zatem zaliczyć do grona nauk empirycznych, gdyż ma solidne podstawy teoretyczne i niezerową bazę empiryczną. Jednakże w przypadku kosmologii trudno jest o jednoznaczne wskazanie niezawodnego kryterium demarkacji, tj. jasnego i wyraźnego oddzielenia od siebie kosmologii jako nauki przyrodniczej (zapoczątkowanej przez Einsteina w 1917 roku) od kosmologii jako filozoficznej refleksji nad Wszechświatem (rozumienie zaproponowane przez Christiana Wolffa na oznaczenie problematyki określanej współcześnie jako filozofia przyrody nieożywionej lub kosmofilozofia).

W konkretnych bowiem sytuacjach jest bardzo trudno przeprowadzić jednoznaczną i raz na zawsze obowiązującą linię demarkacyjną pomiędzy tym, co naukowe, i tym, co filozoficzne. Nie ma np. powszechnej zgody wśród uczonych i badaczy wzajemnych relacji nauka – filozofia, czy np. cały tok rozumowania prowadzącego w ramach danej teorii przyrodniczej, np. kosmologii, do wyprowadzenia implikacji testowalnych ma jeszcze charakter naukowy, czy też należy już do filozofii (Turek 2009: 100).

W takim kontekście omówiony zostanie filozoficzny wymiar kosmologii ze świadomością, że rozważane niżej zagadnienia związane z metodologią kosmologii mogą zostać umieszczone w ramach metodologii ogólnej (filozofii nauki zajmującej się problematyką wyjaśniania, wynikania, prawdziwości, relacji teorii do doświadczenia itp.) lub szczegółowej (filozofii danej nauki badającej pojęcia metodologiczne odnoszące się do konkretnej nauki empirycznej). Metodologię szczegółową kosmologii niektórzy badacze zaliczają do samej kosmologii jako nauki przyrodniczej i w ten sposób rozumiana jest ona jako metodologia wewnętrzna kosmologii (Such, Szcześniak, Szczuciński 1998: 48–52). Zostanie ona jednak omówiona w następnym podrozdziale łącznie z metodologią zewnętrzną kosmologii, gdyż w literaturze przedmiotu najczęściej omawia się je łącznie (Heller 1978).

1.2. Filozoficzny wymiar kosmologii

W PIERWSZEJ POLSKIEJ PUBLIKACJI książkowej całkowicie poświęconej filozofii kosmologii (Such, Szcześniak,

Szczuciński 1998) wyróżniono pięć podstawowych sposobów rozumienia tego terminu, co stanowiło także określenie tego, czym ten nowy dział filozofii miałby się zajmować¹. Filozofię kosmologii można zatem rozumieć jako: metodologię kosmologii, metafizykę kosmologii, filozofię pozafizycznych założeń kosmologii, filozofię „zagadnień granicznych” kosmologii oraz filozoficzne inspiracje kosmologii. Do tej listy należałoby jeszcze dopisać: kosmologiczne inspiracje filozofii oraz filozofię w kosmologii (jako uszczegółowienie sposobu filozofowania w kontekście nauki o zbiorczej nazwie „filozofia w nauce”). Niewątpliwie nie jest to podział rozłączny, ale z pewnością daje dobrą orientację w całej panoramie możliwych odczytań tego, czym jest filozofia kosmologii.

Warto jednak w tym kontekście zauważyć, że w najszerszej zakrojonej refleksji nad Wszechświatem mamy do czynienia z trzema różnymi poziomami:

- kosmosem (tj. Wszechświatem),
- kosmologią jako nauką, której przedmiotem badań jest kosmos,
- filozofią kosmologii, której przedmiotem badań jest kosmologia jako nauka.

¹ W monografii *Filozofia kosmologii* (liczącej 212 strony) przedmiotowi i zadaniom filozofii kosmologii poświęcono tylko kilka stron (Such, Szcześniak, Szczuciński 1998: 10–17). Wydaje się zatem, że warto w tym miejscu nieco poszerzyć tę charakterystykę.

Kosmos byłby zatem kategorią ontologiczną, a kosmologia jako nauka oraz filozofia kosmologii odnosiłyby się do epistemologicznie zakrojonych prób rozumienia tego, czym jest Wszechświat (kosmologia) oraz czym jest kosmologia jako nauka (filozofia kosmologii).

Jednakże w przywołanym wyżej katalogu rozumień pojęcia filozofia kosmologii pojawia się również metafizyka kosmologii, którą trudno zakwalifikować do rozważań, których przedmiotem badań jest kosmologia jako nauka. Metafizyka kosmologii odnosi się bowiem do badania kosmosu i należy ją raczej zakwalifikować do prób, niezapśredniczonego w kosmologii naukowej, badania Wszechświata (byłaby to zatem raczej filozoficzna refleksja nad kosmosem, czyli kosmologia filozoficzna np. w rozumieniu Wolffa). Przedmiotem badań pozostałych sposobów rozumienia tego, czym jest filozofia kosmologii (metodologia zewnętrzna kosmologii, filozofia pozafizycznych założeń kosmologii, filozofia „zagadnień granicznych” kosmologii, filozoficzne inspiracje kosmologii, kosmologiczne inspiracje filozofii, filozofia w kosmologii) byłaby głównie kosmologia. Można by zatem zaliczyć je do bardzo szeroko zakrojonych metanaukowych prób badania kosmologii jako nauki.

Metodologię kosmologii zwykle dzieli się na metodologię zewnętrzną oraz metodologię wewnętrzną (Heller 1978: 65–75). Tę ostatnią tworzą sami kosmologowie, gdyż jest ona potrzebna do rozwiązywania konkretnych problemów, przed którymi stoją. Służy ona m.in. do rozwiązywania problemu ekstrapolacji lokalnej wiedzy

z zakresu fizyki na bardzo odległe rejony Wszechświata (nawet z zasady nieobserwowalne), wypracowując jej reguły oraz założenia. Najczęściej zagadnienie ekstrapolacji rozwiązuje się, przyjmując tzw. zasady kosmologiczne. Jest to zwykle zbiór założeń wykraczających poza bezpośrednie dane obserwacyjne odnoszące się do wielkoskalowej lub globalnej struktury Wszechświata.

Wewnętrzna metodologia kosmologii powinna wykorzystywać osiągnięcia ogólnej metodologii nauk (zewnętrznej metodologii kosmologii), jednakże w dużej mierze próbuje ona rozwiązywać bieżące problemy kosmologii, a nie tylko analizuje ją z perspektywy historycznej, tzn. gdy pewien etap rozwoju jest już za nią. Z metodologicznej perspektywy należałoby postulować, aby zasady kosmologiczne ograniczały się do ekstrapolowania naszej wiedzy do – w zasadzie – obserwowalnych obszarów czasoprzestrzeni. Nieobserwowalne obszary czasoprzestrzeni nie powinny stanowić przedmiotu zainteresowania jakiejkolwiek nauki empirycznej. Jednakże w kosmologii jest inaczej, gdyż kosmologowie chcą mówić o całym Wszechświecie. Tak więc specyfiką metodologiczną kosmologii jest to, że jest ona nie tylko

nauką o strukturze-ewolucji Wszechświata, lecz także o założeniach, jakie trzeba poczynić, by nauka o strukturze-ewolucji świata stała się w ogóle możliwa (Heller 1978: 73).

Innymi słowy – podstawowym przedmiotem badań wewnętrznej metodologii kosmologii jest wybór i uzasadnienie podejmowanej przez kosmologów strategii badawczej.

Kosmologowie bowiem, chcąc opisać i wyjaśnić globalną strukturę Wszechświata wraz z całym procesem jego ewolucji, muszą w jakiś sposób rozstrzygać kwestie sposobu realizowania tego zadania przy jednoczesnej trosce o zachowanie statusu kosmologii jako nauki empirycznej. Związane jest to z problemem prawomocności procedur ekstrapolacyjnych, a dyskusje dotyczące zasadności ich przyjmowania są głównymi problemami poznawczymi, podejmowanymi w ramach wewnętrznej metodologii kosmologii.

W ścisłych związkach z problematyką ekstrapolacji oraz z możliwością uprawiania kosmologii jako nauki pozostaje zagadnienie przyjmowanych przez nią założeń. Bez nich bowiem niemożliwa byłaby ekstrapolacja na cały Wszechświat uzyskiwanych lokalnie danych obserwacyjnych. Do tych założeń zalicza się m.in. to, że metody fizyki ziemskiej można stosować poza jej obszarem, a prawa przyrody sformułowane lokalnie obowiązują w całym Wszechświecie.

Na milcząco przyjmowanych założeniach może opierać się także wybór konkretnych koncepcji czy modeli kosmologicznych. Niekiedy wartość naukowa tych pomysłów, zwłaszcza gdy kosmologowie dysponują skąpą bazą empiryczną, jest wprost skorelowana z wartością założeń wyjściowych. Często bywa tak, że o uznaniu jakiejś hipotezy z zakresu kosmologii decyduje autorytet twórców lub inne pozaempiryczne kryteria (krytycznym zadaniem metodologii wewnętrznej kosmologii byłoby demaskowanie tego rodzaju założeń i analiza roli, jaką odgrywiają w danym modelu kosmologicznym).

Kosmologia jest bardzo interesująca metodologicznie również z uwagi na fakt, że co jakiś czas istnieje w jej ramach wiele konkurencyjnych i równoważnych empirycznie modeli kosmologicznych, co prowadzi do poszukiwania pozaempirycznych reguł wyboru niektórych z nich². Tego typu pozaempiryczne kryteria oceny teorii naukowych odgrywały bardzo ważną rolę między 1929 a 1965 rokiem, gdyż był to okres, w którym czynniki empiryczne nie rozstrzygały jednoznacznie, którą z alternatywnych propozycji teoretycznych (kosmologię relatywistyczną wraz z teorią Wielkiego Wybuchu, teorię Milne'a, teorię Eddingtona, teorię Diraca, teorię Jordana czy Teorię Stanu Stacjonarnego) należy wybrać. Warto także podkreślić, że równoważność empiryczna rywalizujących teorii nie oznacza ich równoważności epistemicznej, czyli przesądzania o takiej samej ich wiarygodności (np. w latach 1929–1965 kosmologia relatywistyczna była wyraźnie preferowana, mimo trudności związanych z uzgodnieniem jej przewidywań z wynikami obserwacji, zwłaszcza tych, które odnosiły się do wieku Wszechświata), a odkrycie promieniowania tła było nie tyle przełomem, ile dopełnieniem rozciągniętego w czasie procesu preferowania, zmierzającego do wyboru konkretnego modelu kosmologicznego (teorii Wielkiego Wybuchu) oraz określonej strategii badawczej (strategii ekstrapolacyjnej). Odkrycie to uznane zostało za potwierdzenie

² Problem ten zyskał obszerne opracowanie w monografii (Dąbek 2018).

słuszności wcześniejszych decyzji, podejmowanych na podstawie wielu różnorodnych czynników, wśród których ważne miejsce zajmowały pozaempiryczne kryteria uzasadniania i oceny teorii.

Wiadomo bowiem, że dla kosmologii testowalność stanowi warunek konieczny naukowego charakteru teorii, lecz nie jest to warunek wystarczający, gdyż każdej strukturze teoretycznej można nadać różne interpretacje (np. Einstein oprócz danych empirycznych wysoko cenił również: prostotę logiczną i matematyczną, wewnętrzną doskonałość, piękno, spójność i koherencję; na podstawie tych walorów uznawał teorie, które nie posiadały jeszcze odpowiedniego poparcia empirycznego). Teorie kosmologiczne mogą funkcjonować w nauce nawet przez długi czas bez potwierdzenia empirycznego. Oceniane są wówczas i uznawane na podstawie zalet pozaempirycznych.

W literaturze przedmiotu (Dąbek 2018) wyodrębniono pięć tego typu kryteriów oceniania, preferowania i uznawania teorii. Należą do nich: konsystentność wewnętrzna teorii (tj. wymóg syntaktycznej niesprzeczności oraz logiczna i semantyczna spójność teorii), koherencja interteoretyczna (tj. wymóg niesprzeczności z fragmentami uznanej już wiedzy, zgodność z innymi teoriami oraz komplementarność względem innych teorii), kryterium prostoty (tj. oszczędność działań, brzytwa Ockhama, precyzja, ścisłość, niepodważalność oraz możliwość wyrowadzania wielu wniosków na podstawie jak najmniejszej liczby założeń), funkcja systematyzacyjna (tj. zdolność eksplanacyjna oraz przewidystyczna teorii) i zawartość

treściowa (tj. wzrost informatywności oraz zwiększanie mocy unifikującej, tzn. zdolność teorii do scalania fragmentów znanej już wcześniej wiedzy i tworzenia z nich jednolitego systemu).

Teoria kosmologiczna bowiem nie może być traktowana jako wyizolowany fragment wiedzy, lecz podlega ocenie w szerszym kontekście związków interteoretycznych (najczęściej bowiem w zbiorze nowych propozycji teoretycznych wyżej cenione są te, które posiadają własności podobne do teorii starszych, lepiej potwierdzonych empirycznie). Ponadto sposób rozumienia zalet teorii ewoluuje wraz z rozwojem wiedzy naukowej i zmianą tez metafizycznych, a standardy oceniania konstruktów naukowych są zrelatywizowane do przyjętej teorii nauki i stosowanego języka (sugeruje to, że obiektywność kryteriów używanych w procesie uzasadniania, preferowania i wyboru konstruktów teoretycznych jest ograniczona). Tak więc oceny teorii nie można wprawdzie uzgodnić na podstawie zbioru sformalizowanych reguł wartościowania, jednak w praktyce badawczej taki konsensus jest wypracowywany. Każda bowiem z zalet uwzględnianych w ocenie wartości teorii traktowana jest w mniejszym lub większym stopniu jako wskaźnik prawdziwości. Tak więc w siatkę modelu racjonalności, obok celów i metod, należy włączyć również wartości (walory) stanowiące podstawę oceny struktur teoretycznych.

Przedmiotem rozważań zewnętrznej metodologii kosmologii jest również sam proces dochodzenia do poznawczo wartościowej wiedzy o Wszechświecie jako

całości, realizowany w procedurach konstruowania modeli kosmologicznych, w których znaczącą rolę odgrywał także czynnik empiryczny. Tak więc w ramach metodologii zewnętrznej kosmologii można także prowadzić rozważania dotyczące obecności czynnika empirycznego w procedurach naukotwórczych³. Do procedur tego typu zalicza się sposoby dochodzenia do wiedzy i zabiegi zmierzające do jej uzasadnienia, czyli to, co od ustaleń Hansa Reichenbacha nazywa się kontekstem odkrycia oraz kontekstem uzasadnienia.

Jednym z pierwszych przykładów funkcjonowania czynnika empirycznego w dochodzeniu do wiedzy kosmologicznej jest indukcyjna procedura związana z procesem formowania się prawa Hubble'a. Hubble, zestawiając na wykresie pomiary prędkości z odległościami dla 46 galaktyk, dostrzegł przybliżoną liniowość relacji tych wielkości. To posłużyło mu za punkt wyjścia do sformułowania ogólnego prawa, mówiącego o liniowej zależności między prędkościami i odległościami dla wszystkich galaktyk Wszechświata. Bezpośrednią konsekwencją tego prawa było uznanie faktu ekspansji Wszechświata, choć jeśli ocenia się jego wartość poznawczą, trzeba podkreślić, że jest to tylko proste uogólnienie indukcyjne, które stwierdza stałość relacji między dwiema wielkościami astronomicznymi, tj. szybkością ucieczki i odległością galaktyk.

³ Zagadnienie to zostało szczegółowo omówione w obszernym artykule (Turek 1993: 5–47).

Innym przykładem indukcyjnych procedur użytych w dochodzeniu do wiedzy kosmologicznej jest uzyskanie uniwersalnej krzywej rozpowszechnienia pierwiastków we Wszechświecie. Na podstawie pomiarów ilości poszczególnych pierwiastków chemicznych w najbliższym otoczeniu Ziemi wyznacza się tego rodzaju krzywą. Staje się ona bardziej wiarygodna, im większa jest liczba dokonanych pomiarów. Mamy tu zatem do czynienia z uporządkowaniem danych obserwacyjnych (ilość pierwiastków i miejsce ich występowania), a następnie z ich uogólnieniem. Do innych tego typu zabiegów indukcyjnych zaliczyć można także zliczanie galaktyk, radioźródeł itd., a następnie wyznaczanie ich rozkładu przestrzennego, by na końcu ustalić ilościowe relacje typu: przesunięcie ku czerwieni – jasność galaktyki lub jej średnica. Tego typu ustalenia są traktowane jako baza empiryczna kosmologii, choć – co warto podkreślić – zostały otrzymane na drodze indukcyjnego uogólnienia.

Z rozpowszechnieniem pierwiastków we Wszechświecie związane były także prace nad teoriami kosmicznej i gwiazdowej nukleosyntezy. Chodziło tu nie tylko o zaproponowanie mechanizmów powstawania pierwiastków, ale również o wyjaśnienie ich rozpowszechnienia ilościowego. Najbardziej znane propozycje w tym względzie to teoria kosmicznej nukleosyntezy pierwiastków lekkich (w początkowych fazach ewolucji gorącego Wszechświata) oraz teoria B²FH (autorstwa: Geoffrey Burbidge, Margaret Burbidge, William Fowler, Fred Hoyle), postulująca powstawanie pierwiastków cięższych od litu we wnętrzach

gwiazd (jest to bardzo ważne ustalenie z antropicznego punktu widzenia, o czym więcej w kolejnych rozdziałach).

Natomiast w ramach omawiania zabiegów uzasadniających w procedurach naukotwórczych należy przybliżyć rolę czynnika empirycznego w zabiegach sprawdzeniowych. Przeprowadzając tego rodzaju procedurę, należy wyprowadzić z modelu kosmologicznego jakieś konsekwencje obserwacyjne, a następnie uznać je lub odrzucić na podstawie ich konfrontacji z doświadczeniem (obserwacją). Jeśli implikacje testowe danego modelu kosmologicznego okażą się fałszywe w konfrontacji z doświadczeniem, to można wnioskować o fałszywości danego modelu kosmologicznego.

Historycznie pierwszym tego typu testem kosmologicznym są pomiary przesunięć linii widmowych odległych galaktyk ku czerwieni. Polegają one na pomiarach długości fal odpowiadających poszczególnym liniom absorpcyjnym lub emisyjnym w widmach odległych galaktyk, a następnie identyfikacji ich przesunięcia ku czerwieni w stosunku do długości tych samych linii widmowych mierzonych w laboratorium. Tego typu pomiary stały się podstawowym testem mówiącym o ekspansji Wszechświata, gdyż zinterpretowane zostały po dopplerowsku, a więc dynamicznie. Tak więc droga do Wszechświata ekspandującego rozpoczęła się od dopplerowskiej interpretacji obserwowanych przesunięć linii widmowych odległych galaktyk ku czerwieni. Test ten uznano za ważne potwierdzenie modeli ekspandujących, a zarazem falsyfikację statycznego modelu Einsteina. Zapoczątkował

on wyraźny proces odchodzenia od utrzymującego się przez wieki statycznego obrazu Wszechświata (test ten zatem posiadał także konsekwencje ontologiczne, związane z rozumieniem filozofii kosmologii jako omówionej niżej metafizyki kosmologii).

Wiadomo, że obserwacje przesunięć linii widmowych ku czerwieni nie stanowią jedynego testu kosmologicznego przemawiającego na rzecz ekspansji Wszechświata. Inną możliwością w tym względzie jest prawo Hubble'a. Prawo to nie tylko zakłada ekspansję Wszechświata, ale również określa pewne jej własności, które poszerzają możliwości testowania samej ekspansji. Prawo to uwzględnia bowiem ilościowe wartości mierzonych przesunięć ku czerwieni i wiąże je z wartościami innej ważnej wielkości mierzalnej, jaką są odległości od galaktyk. Tego typu ustalenia dają możliwości ilościowego testowania ekspansji Wszechświata, a nawet szacunków dotyczących zasady kosmologicznej. Prawo to umożliwia także testowanie postulowanego w danym modelu kosmologicznym wieku Wszechświata (wiek Wszechświata to w przybliżeniu odwrotność stałej Hubble'a), a może prowadzić do odrzucenia modeli, które postulowały nieskończony wiek Wszechświata.

Zbliżone znaczenie w procedurach sprawdzeniowych teorii kosmologicznych posiada kolejny ważny test, jakim jest kosmiczne promieniowanie tła. Ma ono mikrofalowy charakter, bardzo niską temperaturę 2,7 K, niemal idealną izotropowość i planckowski rozkład natężenia. Jego źródłem była gorąca plazma wypełniająca bardzo młody

Wszechświat. Niesie ono informacje o Wszechświecie, jakim był on niemalże 13,7 mld lat temu. Ten test kosmologiczny ukazuje typową sytuację sprawdzeniową, opisywaną w ramach metodologii nauk. Teoria kosmicznej nukleosyntezy zakładała, że Wszechświat ekspandował od początkowej osobliwości. Postulowano także określonego typu implikacje testowe, wyprowadzane z tej teorii, przewidujące istnienie tego promieniowania i wartość jego temperatury. Pojawiło się przypadkowe jego odkrycie, które zostało zinterpretowane jako promieniowanie o kosmologicznym pochodzeniu, postulowane przez teorię kosmicznej nukleosyntezy. Tym samym stało się ono mocnym potwierdzeniem teorii ekspandującego od początkowej osobliwości Wszechświata, rozbudowanego później do tzw. standardowego modelu kosmologicznego. Promieniowanie to tym samym dyskonfirmuje modele niezgodne z ekspandującym od początkowej osobliwości Wszechświatem. Podważyło ono zaufanie do powszechnie akceptowanej w latach pięćdziesiątych XX wieku teorii stanu stacjonarnego, gdyż nie potrafiła ona należycie wyjaśnić genezy tego promieniowania.

Wysoka zgodność przewidywań oraz zaobserwowanej temperatury promieniowania relikтового stanowi także mocne potwierdzenie empiryczne założenia modelu kosmologicznego dotyczącego przejścia przez stan równowagi termodynamicznej materii wczesnego Wszechświata. Jest to także potwierdzenie zasady kosmologicznej. Obserwacje bowiem wykazują bardzo wysoki stopień izotropowości tego promieniowania, więc Wszechświat

w swych wielkoskalowych wymiarach powinien być jednorodny i izotropowy, gdyż w przeciwnym razie wszelkie wielkoskalowe niejednorodności Wszechświata znalazłyby odbicie również w promieniowaniu reliktowym.

Innym ważnym testem stosowanym w kosmologii jest parametr gęstości Wszechświata, powiązany bezpośrednio ze średnią gęstością materii Wszechświata. Wiadomo bowiem, że zależności między krzywizną przestrzeni Wszechświata a średnią gęstością materii są ustalane przez odniesienie do gęstości krytycznej. Wyznaczanie średniej gęstości materii realizowane jest przez procedury zliczania obiektów astronomicznych oraz badanie rozkładu tych obiektów we Wszechświecie. Może to prowadzić do potwierdzenia zasady kosmologicznej oraz rozstrzygnięć dotyczących dynamiki Wszechświata, co jest związane z krzywizną jego czasoprzestrzeni.

Powiązana z poprzednim ważnym testem kosmologicznym jest obfitość pierwiastków chemicznych we Wszechświecie. Testowanie polega na porównaniu obserwacyjnej krzywej rozpowszechniania pierwiastków z krzywą teoretyczną, sporządzoną na podstawie proponowanej teorii nukleosyntezy. Ewentualna zgodność tych dwóch krzywych może stanowić potwierdzenie proponowanej teorii nukleosyntezy wraz z jej założeniami. Brak zgodności może prowadzić do jej odrzucenia lub konieczności przebudowy. Istnieje jednak duża zbieżność przewidywań z danymi obserwacyjnymi, co uznawane jest za potwierdzenie nie tylko samej teorii nukleosyntezy (lekkich pierwiastków we wczesnych etapach ewolucji

Wszechświata, a ciężkich pierwiastków we wnętrzach gwiazd), ale także standardowego modelu kosmologicznego w zakresie ekspansji Wszechświata oraz warunków panujących we wczesnych stadiach jego ewolucji.

Na zakończenie tych metodologicznych analiz roli czynnika empirycznego w teoriach kosmologicznych warto podkreślić, że największym zaufaniem kosmologów cieszą się trzy testy empiryczne: pomiary przesunięć linii widmowych odległych galaktyk ku czerwieni wraz z prawem Hubble'a, promieniowanie reliktowe oraz krzywa rozposzechniania pierwiastków chemicznych. Testy te z uwagi na ich dokładność, precyzję oraz ilościowy charakter uznawane są za dobrze potwierdzające tezę o ekspansji Wszechświata od początkowej osobliwości, a tym samym falsyfikujące wszystkie modele proponujące tezę przeciwną (np. model statyczny Einsteina, teorię stanu stacjonarnego).

Innym sposobem rozumienia filozofii kosmologii jest **metafizyka kosmologii**, która porusza zagadnienia tylko pośrednio związane z kosmologią, a w większym stopniu odnoszące się do samego kosmosu (Wszechświata). Są to między innymi problemy dotyczące: istnienia Boga, panteizmu, stworzenia Wszechświata i jego wieczności, rozstrzygnięcia pomiędzy materializmem a teizmem, istnienia wielu światów równoległych, wyjątkowości życia na Ziemi. Na przykład problem wieczności świata został pozytywnie rozstrzygnięty w modelach kosmologicznych Hoyle'a, Bongiego-Golda i Narlikara, co było wyrazem metafizycznych przekonań autorów tych modeli, będących w opozycji np. do teizmu oraz tezy o możliwym

stworzeniu Wszechświata przez Boga, z czym mógł kojarzyć się Wielki Wybuch, postulowany w ramach standardowego modelu kosmologicznego.

Tak więc jednym z zadań filozofii kosmologii mogłaby być interpretacja uzyskanych wyników w ramach danego modelu kosmologicznego z punktu widzenia jakiegoś światopoglądu lub systemu filozoficznego (kreacjonistycznego, materialistycznego, panteistycznego itp.). Mogłaby to być także analiza klasycznych zagadnień filozoficznych, które wplecione są w koncepcje kosmologiczne (np. zagadnienie czasu i jego początku oraz końca, zagadnienie przestrzennej skończoności bądź nieskończoności Wszechświata itd.).

Jeśli kosmologię rozumieć jako naukę o Wszechświecie, to powstaje pytanie, które może mieć zabarwienie metafizyczne, co należy rozumieć przez Wszechświat? Jest to tyle niewygodne pytanie, gdyż sugeruje ono, że najpierw należy zdefiniować, czym jest Wszechświat (np. Wszechświat to wszystko, co istnieje, Wszechświat to największy układ, do którego w spójny sposób można stosować prawa fizyki, Wszechświat to największy układ podlegający obserwacji), a dopiero w następnym kroku proponować różne teorie kosmologiczne. Jeśli byśmy w ten sposób pytali o Wszechświat, to możliwości rozwijania kosmologii jako nauki zależałyby od naszych różnorodnych definicyjnych konwencji (Heller 2013: 65–73).

Filozofia pozafizycznych założeń kosmologii odnosi się natomiast do prób identyfikowania oraz dyskusowania empirycznie nieweryfikowalnych postulatów

przyjmowanych w pracach kosmologicznych, z których dwa podstawowe umożliwiają konkluzywną pracę nad modelami z zakresu kosmologii relatywistycznej (to rozumienie filozofii kosmologii częściowo pokrywa się z jej rozumieniem jako metodologii kosmologii). Są to: założenie, że metody fizyki ziemskiej można stosować daleko poza Ziemią oraz że prawa przyrodnicze są takie same w całym Wszechświecie (nie tylko w jego części obserwowalnej). Ponadto w kosmologii naukowej przyjmuje się kilka zasad, których związek z ustaleniami o charakterze filozoficznym jest niepomijalny. Są to: zasada kosmologiczna (Wszechświat jest przestrzennie jednorodny i izotropowy), zasada prostoty (należy wybierać najprostsz model zgodny z obserwacjami), zasada prawdopodobieństwa (model opisujący Wszechświat powinien być prawdopodobny w zbiorze wszystkich teoretycznie możliwych modeli), zasada Macha (Wszechświat niejako sam powinien określać warunki brzegowe dla opisujących go równań) oraz zasada antropiczna (rozważany model kosmologiczny powinien dopuszczać istnienie białkowych form życia w ewoluującym Wszechświecie)⁴. Można zatem powiedzieć, że współczesna kosmologia zawiera wiele nieweryfikowalnych empirycznie założeń, co sugeruje, że różnego rodzaju rozważania o charakterze filozoficznym stają się jej częścią.

Jednym z ważniejszych tego typu problemów jest kwestia uporządkowania Wszechświata oraz możliwości jego

⁴ Zagadnieniu antropiczności Wszechświata zostanie poświęcony rozdział 2.

matematycznego opisu. Niekwestionowane osiągnięcia zmatematyzowanego przyrodoznawstwa, także kosmologii, stawiają pytanie o zagadkową skuteczność matematyki w tego rodzaju procesach poznawczych. Same nauki nie są w stanie wyjaśnić owej skuteczności, więc pojawiają się tu różnorakie odwołania do filozofii.

Filozofia „zagadnień granicznych” kosmologii to badania, które mogą rozgrywać się na trzech płaszczyznach dociekań filozoficznych. Po pierwsze, mogą one dotyczyć granicy stosowalności danej teorii (np. czy OTW dobrze sobie radzi z analizą osobliwości początkowej lub czarnych dziur?). Po drugie, może być to granica stosowalności samych metod empirycznych (np. skąd wzięły się prawa przyrody? jakie są źródła czasu i jego nieodwracalności?). Po trzecie, „zagadnienia graniczne” można również rozważać w kontekście egzystencjalnym (np. pytanie o ostateczny los człowieka we Wszechświecie, czy Wszechświat musiał „wyprodukować” człowieka i dlaczego musiał, jest to związane z tzw. mocną zasadą antropiczną, omówioną w rozdz. 2.2).

Jeśli na Wszechświat spojrzeć tylko z empirycznego punktu widzenia, to wówczas Wszechświatem byłaby ta jego część, która jest dostępna obserwacjom astronomicznym. Jednakże, jak wiadomo, to, jak daleko sięgamy do przeszłości Wszechświata, zależy od szybkości rozchodzenia się informacji we Wszechświecie (zawsze możemy obserwować tylko to, co ze skończoną prędkością przyniesie nam promieniowanie elektromagnetyczne) oraz od naszych możliwości technologicznych, zwiększających się

z czasem, tj. wraz z postępem technologicznym. W tym sensie samo rozumienie Wszechświata byłoby zagadnieniem granicznym, zmieniającym się wraz z upływem czasu, określonym przez coraz większe możliwości detekcji coraz starszych obiektów istniejących we Wszechświecie.

Warto jeszcze raz podkreślić, że gdy ekstrapolujemy znaną z naszych ziemskich laboratoriów fizykę, to zakładamy, że prawa fizyki w dowolnym miejscu przestrzeni Wszechświata są identyczne. Jest to rodzaj założenia o charakterze filozoficznym, które jest konsekwencją przyjęcia zasady fizycznej jedności przyrody. Widać to dobrze na przykładzie czarnych dziur, dla których najpierw istniała teoria w postaci bardzo szczegółowych modeli matematycznych, a dopiero później potwierdzono jej adekwatność na podstawie dokonanych obserwacji Wszechświata (zagadnienie to dobrze obrazuje koncepcję hipotetyzmu, zaproponowaną przez Karla Poppera). Było to możliwe, gdyż ekstrapolowano ziemskie odkrycie teoretyczne na odległe rejony Wszechświata, interpretując także obserwacje astronomiczne na podstawie ustaleń ziemskiej fizyki.

Problem samej dynamiki Wszechświata jako całości rodzi określonego typu rozważania o charakterze filozoficznym. Człowiek stojący wobec powszechnej zmienności Wszechświata najczęściej nie zadowolą się tylko stwierdzeniem tego rodzaju faktu, ale szuka ostatecznych wyjaśnień owej zmienności. Pojawiają się w tym kontekście klasyczne pytania filozoficzne o źródła zmian, o naturę zmienności, o to, czy zmienność jest

czymś immanentnym względem bytu czy też czymś dodanym do niego z zewnątrz, co jest ostatecznym podłożem zauważalnych w ewolucji Wszechświata prawidłowości. Pojawiają się także pytania o sens i cel zachodzących we Wszechświecie przemian, które zdają się przebiegać w sposób uporządkowany, a nawet ukierunkowany (co mogą sugerować niektóre wersje zasady antropicznej, omówione w rozdz. 2.2). Na racjonalność, planowość i uporządkowanie Wszechświata wskazywać mogą także kosmiczne koincydencje (opisane w rozdz. 2.1). Jeśli bowiem odrzuci się ich przypadkowe zaistnienie, to nie pozostaje nic innego, jak przyjęcie, że są one wyrazem wewnętrznego uporządkowania, racjonalności i planowości naszego Wszechświata.

Rozumienie filozofii kosmologii jako **filozoficznych inspiracji kosmologii** sugeruje, że badania z zakresu kosmologii bywały i bywają inspirowane przez różnorodne ustalenia z zakresu filozofii, np. inspiracje filozofią Spinozy i zasadą Macha modelu kosmologicznego Einsteina z 1917 roku oraz idea niezmienności Wszechświata (obecna w myśli ludzkiej już od czasu filozofów antycznych) zawarta w tym modelu, czy zaproponowanie teorii stanu stacjonarnego, inspirowane filozoficzną ideą odwieczności Wszechświata oraz niechęcią do teologicznej idei jego kreacji.

Można także rozumieć filozofię kosmologii jako **kosmologiczne inspiracje filozofii**, do których zaliczyć należy problematykę z zakresu szeroko rozumianej filozofii przyrody dotyczącą kwestii czasu, przestrzeni, ruchu,

równoczesności, masy i bezwładności. Fizyka relatywistyczna, z której wyrosła kosmologia relatywistyczna, postuluje względny charakter tych wielkości, co stanowi podważenie ich absolutności, która była zakładana przez wcześniejszą filozofię przyrody, opierającą się na fizyce klasycznej. Na przykład w odniesieniu do czasu i przestrzeni rozważania kosmologiczne rzuciły wiele nowego światła na historyczny problem czasowej i przestrzennej skończoności czy nieskończoności Wszechświata. Także bardzo ważną i interesującą filozoficznie kwestią jest zagadnienie istnienia czasu i przestrzeni w osobliwościach kosmologicznych (globalnych i lokalnych, tj. istnienie czasu i przestrzeni w osobliwości początkowej Wielkiego Wybuchu oraz w czarnych dziurach).

Filozofia w kosmologii stanowiłaby uszczegółowienie sposobu filozofowania w kontekście nauki, nazywanego filozofią w nauce. Podstawowym jej zadaniem jest odkrywanie w naukach przyrodniczych zagadnień o charakterze filozoficznym oraz analizowanie ich na podstawie zasad logiki i metodologii. Tak rozumiana dziedzina filozofii (filozofia w nauce, a w szczególności filozofia w kosmologii) opiera się na tym, że filozofia i nauka bardzo często w swojej historii się przenikały, a wzajemne oddziaływanie między nimi było zwykle bardzo owocne (widać to wyraźnie na przykładzie omówionych wyżej filozoficznych inspiracji kosmologii oraz kosmologicznych inspiracji filozofii). Zwolennicy takiego sposobu filozofowania wymieniają trzy podstawowe jego grupy tematyczne: wpływ idei filozoficznych na powstawanie

i ewolucję teorii naukowych (np. neoplatońska metafizyka Keplera), tradycyjne filozoficzne problemy uwikłane w teorie empiryczne (np. koncepcja absolutnego czasu i przestrzeni w mechanice Newtona) oraz filozoficzna refleksja nad niektórymi założeniami nauk empirycznych (np. metodologiczna refleksja nad założeniem matematyczności i idealizowalności przyrody oraz założeniem elementarności i jedności przyrody) (Heller 2006: 3–15).

Tak więc w ramach filozofii w kosmologii obecne będą także rozważania z dwóch poprzednich sposobów rozumienia filozofii kosmologii, tzn. filozoficzne inspiracje kosmologii oraz kosmologiczne inspiracje filozofii. Filozofia w kosmologii nie będzie także zasadniczo odrębna od analiz związanych z pozafizycznymi założeniami kosmologii. Innymi słowy filozofia w kosmologii będzie zbierała w jedno i zawierała w sobie kilka wcześniej wymienionych i pokrótce scharakteryzowanych sposobów uprawiania filozofii kosmologii. W dalszej części pracy główną jej metodą filozoficzną służącą do różnorodnych analiz będzie właśnie filozofia w kosmologii.

Na zakończenie tej części pracy warto podkreślić, że z powyższego przeglądu widać, że różnorako można rozumieć filozofię kosmologii, ale każde jej rozumienie jest ściśle związane z filozofią przyrody, filozofią nauki i metodologią nauk empirycznych. Te działy filozofii czerpią wiele inspiracji do swoich badań z wyników oraz sposobów dochodzenia do nich, proponowanych w ramach kosmologii, astrofizyki, fizyki, biofizyki, chemii fizycznej, chemii, biologii i in. Kosmologia może zatem odgrywać

centralną rolę w debacie między światem nauk przyrodniczych a filozofią. Dostarcza ona bowiem opisu ewolucji tego, co we Wszechświecie fizyczne, a ponadto usiłuje rekonstruować historię całego Wszechświata, a nie tylko wybranych jego części (np. syntetyczna teoria ewolucji rekonstruuje tylko historię życia na jednej ze stu miliardów planet istniejących w naszej Galaktyce). Właśnie takim rodzajem rozważań kosmologicznych na styku nauki i filozofii posługiwałaby się kosmologia antropiczna, mówiąca o antropicznym Wszechświecie, który w swojej historii przechodziłby przynajmniej trzy ważne fazy ewolucji: fizycznej, chemicznej i biologicznej. Omówieniu Wszechświata antropicznego poświęcony zostanie kolejny rozdział pracy.

Wszechświat antropiczny

KOSMOLOGIA ZAWSZE PROWOKOWAŁA do stawiania pytań filozoficznych. Obecnie zestaw takich pytań został rozszerzony o – inspirowane przez różne wersje zasad antropicznych – pytania dotyczące miejsca człowieka w strukturze i ewolucji całego Wszechświata. Tego typu pytania filozoficzne zostały zapoczątkowane, gdy zaczęto zwracać uwagę na fakt, że Wszechświat, aby mógł w nim pojawić się człowiek, musi być Wszechświatem specyficznym, delikatnie zestrojonym. Tak więc Wszechświat, aby być Wszechświatem antropicznym, nie może być dowolny. Muszą w nim pojawić się koincydencje wielkich liczb, które w pewnym sensie liczbowo określają ramy kosmicznego kontekstu życia (o tym będzie traktował rozdz. 2.1). Kosmiczne koincydencje oraz kosmiczny kontekst życia zostały syntetycznie opisane i sprecyzowane w formie tzw. zasad antropicznych (rozdz. 2.2). Przybliżeniu tych zagadnień poświęcone zostaną kolejne podrozdziały niniejszej pracy.

2.1. Kosmiczny kontekst życia

ROZWAŻANIA DOTYCZĄCE KOSMICZNEGO KONTEKSTU życia warto rozpocząć od stwierdzenia, że rozwój:

nowożytnej fizyki, chemii, geofizyki, astronomii i kosmologii z jednej strony, a z drugiej nauk biologicznych, w tym głównie biologii molekularnej, biochemii i biofizyki, zaczął odsłaniać coraz więcej charakterystycznych związków między globalnymi własnościami Wszechświata, wyznaczonymi przez ściśle określone wartości fundamentalnych stałych fizyki oraz podstawowych parametrów kosmologicznych, a fizycznymi, chemicznymi i biochemicznymi warunkami koniecznymi do zaistnienia i ewolucji znanej nam postaci życia węglowego w tym Wszechświecie (Turek 2006: 269–270).

Związki te i ich wzajemne odniesienia zaczęto analizować w kontekście tzw. wielkich liczb.

Już w 1933 roku Artur S. Eddington w książce *Czy wszechświat się rozszerza?* zwrócił uwagę na koincydencje wielkich liczb. Zauważył bowiem, że jeśli zestawić wielkości charakteryzujące Wszechświat w jego największej skali z wielkościami typowymi dla mikroświata, to otrzymamy liczbę 10^{40} lub jej wielokrotność (Eddington 2006: 99–105). Tego typu wielkie liczby w kosmologii są bezwymiarowymi stosunkami potęg stałych fundamentalnych fizyki. Są one trudne do interpretacji, gdyż łączą różne poziomy strukturalne, tzn. poziom określany przez stałe fundamentalne mikrofizyki z poziomem strukturalnym, określonym stałymi makrofizyki oraz kosmologii.

Pierwszą z wielkich liczb jest liczba Eddingtona $N = (10^{40})^2$, która określa całkowitą liczbę protonów we

Wszecchświecie (w formule określającej liczbę N widnieją następujące wielkości fizyczne: masa protonu, gęstość i wiek Wszecchświata, prędkość światła). Kolejne dwie wielkie liczby o wartości 10^{40} , to: N_1 – stosunek wieku Wszecchświata do czasu przejścia światła przez promień elektronu (zawiera w formule: elementarny ładunek elektryczny, masę elektronu, wiek Wszecchświata oraz prędkość światła) oraz N_2 (we wzorze określającym liczbę N_2 są obecne: ładunek elektryczny, masa protonu i elektronu oraz stała grawitacji) – stosunek siły oddziaływania elektromagnetycznego pomiędzy protonem a elektronem (odpowiedzialnej za stabilność struktur chemicznych, wiązań atomowych i molekularnych) do siły oddziaływania grawitacyjnego pomiędzy nimi (odpowiedzialnego za wielkoskalową strukturę Wszecchświata)¹. Tego typu wielkie liczby zostały później nazwane kosmicznymi koincydencjami, kosmicznymi zbiegami okoliczności, a także – bardziej dyskusyjnie, gdyż sugerując odniesienia celowościowe – delikatnymi czy subtelnymi dostrojeniami (Turek 2006: 270–271).

Gdy tego typu wielkie liczby zostały zaproponowane, zaczęto poszukiwać ich wyjaśnienia, gdyż są one zbyt duże w stosunku do pozostałych bezwymiarowych stałych liczbowych lokalnej fizyki, które są zwykle rzędu jednościci. Na początku lat sześćdziesiątych XX wieku Robert Dicke zaproponował antropiczne wyjaśnienie

¹ Formuły określające N , N_1 i N_2 wraz z ich szczegółowym omówieniem znaleźć można w (Leciejewski 2007: 111–112).

wielkich liczb, gdyż w celu ich wyjaśnienia odwołał się do faktu istnienia we Wszechświecie życia biologicznego. Przypomnił fakt, że życie bazuje na pierwiastkach cięższych od wodoru i helu, a wiadomo było już wtedy, że pierwiastki te powstają w późnych etapach ewolucji gwiazd i rozprzestrzeniają się we Wszechświecie w konsekwencji wybuchu supernowych. Zgodnie z argumentem Dicke'a we Wszechświecie mogą zostać wyprodukowane pierwiastki takie jak węgiel, na którym – jak wiadomo – opiera się życie istniejące na Ziemi, tylko wtedy, gdy będą w nim istnieć gwiazdy o wieku w przybliżeniu równym wiekowi gwiazdy ciągu głównego. Ludzie nie mogą istnieć w czasie różnym od czasu życia gwiazdy ciągu głównego, gdyż brak stabilnych gwiazd uniemożliwia trwanie procesów fotosyntezy przynajmniej na jednej planecie krążącej wokół tej gwiazdy. Istnienie życia opierającego się na węglu jest bardzo prawdopodobne, kiedy wiek Wszechświata jest w przybliżeniu równy wiekowi gwiazdy ciągu głównego, a wtedy wzór na N_1 można przyrównać do wzoru na N_2 . Czas istnienia Wszechświata musi być bowiem wystarczająco długi, aby wystąpiła taka faza jego rozwoju, w której pojawi się węgiel i w konsekwencji dalszej ewolucji Wszechświata – białkowe formy życia. Czas ten, jak już wspomniano, jest wyznaczony czasem życia typowej gwiazdy ciągu głównego. Dopiero bowiem w systemie planetarnym wokół takiej gwiazdy może wystąpić i rozwijać się życie. Czas ten zatem jest ograniczony czasem potrzebnym na wypalenie wodoru w gwieździe.

Kosmolog i filozof Gerald Withrow już w połowie lat pięćdziesiątych XX wieku także używał argumentu antropicznego, tj. faktu istnienia człowieka, do wyjaśniania mikrofizycznych i makrofizycznych charakterystyk Wszechświata, zawartych w koincydencjach wielkich liczb. Rozważał on zagadnienie dotyczące trójwymiarowości przestrzeni. Pytał, dlaczego przestrzeń, w której żyjemy, jest właśnie trójwymiarowa, a nie np. dwu-, cztero- czy pięciowymiarowa. Pytanie to nie było pozbawione kontekstu biologicznego, gdyż w zasadzie pytał on o to, czy trójwymiarowa przestrzeń nie jest konieczna, by mogło powstać życie; czy ma ona może jakieś wyjątkowe własności, bez których jego istnienie byłoby niemożliwe.

Ważne dla kosmicznego kontekstu życia jest to, że jeśli przestrzeń posiadałaby więcej niż trzy wymiary, wtedy siła grawitacyjna między dwoma ciałami malałaby szybciej ze wzrostem odległości niż w przestrzeni trójwymiarowej. Wpłynęłoby to niekorzystnie na stabilność orbit planetarnych, a stabilne orbity są potrzebne do zaistnienia i trwania życia. Zmieniona zależność ciężenia grawitacyjnego od odległości w przestrzeni mającej więcej niż trzy wymiary uniemożliwiłaby również istnienie Słońca w stanie stabilnym, gdyż ciśnienie promieniowania Słońca nie byłoby równoważone przez siły grawitacyjne. Ponadto atomy nie byłyby stabilne w przestrzeniach innych niż trójwymiarowe. Tak więc, według Whitrowa, życie, jakie znamy, może istnieć tylko w przestrzeniach trójwymiarowych.

Whitrow rozważał także inne zagadnienie antropiczne, streszczające się w pytaniu: dlaczego Wszechświat jest

tak wielki i dlaczego jest tak stary? Jaki jest sens istnienia miliardów gwiazd w miliardach galaktyk, jeśli tylko jedna z nich miałaby mieć związek z życiem, a cała reszta byłaby tego życia pozbawiona? Według tego badacza, jeśli gdziekolwiek we Wszechświecie ma pojawić się życie, to muszą być spełnione określone warunki: muszą istnieć konkretne pierwiastki, materia musi mieć określoną gęstość, średnie temperatury muszą mieć odpowiedni zakres, muszą istnieć stabilne źródła energii pochodzące z określonego rodzaju gwiazd itp. Skoro wiemy, że życie powstało we Wszechświecie, to parametry go określające nie mogą być dowolne lub przypadkowe; przeciwnie, muszą być właśnie takie, jakie są konieczne, by mogło pojawić się życie.

Koncepcja ekspansji Wszechświata od osobliwości stwarza, zdaniem Whitrowa, pomost pomiędzy biologią a kosmologią. Zauważa on bowiem, że warunki konieczne do istnienia życia mogły pojawić się dopiero po upływie długiego czasu od Wielkiego Wybuchu. Czas ten możemy określić, znając tempo ekspansji i sposoby tworzenia się gwiazd. Jeśli życie istniałoby tylko na Ziemi, to i tak, zdaniem tego uczonego, Wszechświat musi być stary, wielki i z olbrzymią ilością gwiazd, by choć na jednej planecie mogło pojawić się życie. Tak więc miliardy gwiazd w miliardach galaktyk nie są bez związku z możliwością zaistnienia życia na Ziemi. Musi być ich aż tak wiele, aby życie mogło pojawić się choć na jednej z planet. Wiadomo bowiem, że życie stabilnej gwiazdy trwa kilka miliardów lat, a dopiero w końcowych fazach jej ewolucji

może ona wyprodukować pierwiastki ciężkie (np. węgiel i tlen), które potrzebne są do powstania życia. Wybuch supernowej może rozrzucić te pierwiastki po Wszechświecie, a uformowany z nich kolejny układ planetarny krążący wokół stabilnego Słońca może dopiero umożliwić powstanie życia. Musi zatem upłynąć wiele miliardów lat, gdy pojawią się możliwości powstania życia we Wszechświecie. Podczas tych miliardów lat Wszechświat zdąży się bardzo rozszerzyć. Tak więc życie może pojawić się tylko w starym i olbrzymim Wszechświecie.

Nasze Słońce zawiera około dwa procent cięższych pierwiastków, gdyż jest gwiazdą drugiej lub trzeciej generacji. Powstało około pięć miliardów lat temu z rotującej chmury gazu, zawierającej pozostałości materii z eksplozji supernowej. Większość gazu w tej chmurze weszła w skład Słońca, jednak niewielka ilość ciężkich pierwiastków posłużyła za budulec krążących wokół Słońca planet, m.in. Ziemi, na której powstało życie.

Kolejnym ważnym rozumowaniem antropicznym, które zostało zaproponowane przed sformułowaniem zasad antropicznych, było rozumowanie Hoyle'a. Istnieją cztery pierwiastki, które są ważne dla zaistnienia życia: wodór, węgiel, tlen i azot. Dwa z nich, tj. węgiel i tlen, zostały wykorzystane w antropicznych predykcjach Hoyle'a. Zastanawiał się on bowiem nad tym, co dzieje się z gwiazdą, która przechodzi przez kolejne etapy swojej ewolucji. W czasach analiz Hoyle'a wiadomo już było, że główną drogą, na której dochodzi do budowy ciężkich pierwiastków wewnątrz gwiazd, jest stopniowe łączenie się jąder

helu z innymi jądrami. Można by np. oczekiwać, że węgiel powstaje przez dodanie jądra helu do berylu. Jednakże jądro berylu (powstające z połączenia dwóch jąder helu) jest bardzo niestabilne i rozpada się niemalże natychmiast po powstaniu. Trudno zatem oczekiwać, aby w tej właśnie chwili dołączyło się do berylu kolejne jądro helu.

W takim kontekście Hoyle przeprowadził następujące rozumowanie: ponieważ istniejemy i nasze życie bazuje na węglu, to musi istnieć jakiś sposób na ominięcie zarysowanego wyżej problemu syntezy nuklearnej. W 1954 roku zaproponował możliwą drogę od helu do węgla. Pomysł ten opierał się na założeniu, że jądro węgla istnieje w pewnym stanie wzbudzenia, którego energia pozostaje w stanie rezonansu z energią jądra berylu plus jądro helu. Przed rozważaniami Hoyle'a nie znano takiego rezonansu i nie istniały żadne teoretyczne powody, aby móc się go spodziewać. Jednakże, zgodnie z rozumowaniem Hoyle'a, węgiel znajdował się w naszym Wszechświecie, zatem jądro węgla musiało móc być w stanie właściwego rezonansu.

Pomysł przewidywania właściwości jądra atomowego na podstawie założenia antropicznego, zgodnie z którym – ponieważ istniejemy – to jądro węgla musi mieć wymaganą własność, wydawał się fizykom eksperymentalnym niepoważny. Jednakże przeprowadzone eksperymenty na jądrze węgla dały rezultat wskazujący na to, że poziom wzbudzenia wynosi dokładnie tyle, ile trzeba, aby przewyższyć energię połączenia hel-beryl dla uzyskania rezonansu.

Warto także dodać, że jądra tlenu tworzą się we wnętrzu gwiazd przez dodanie jądra helu do jądra węgla. Ponieważ jednak jądro węgla jest stabilne i istnieje we wnętrzu gwiazdy przez długi czas, cały węgiel mógłby zostać zmieniony w tlen, gdyby ten proces był również oparty na rezonansie. Okazało się jednak, że połączona energia jądra węgla i jądra helu jest wyższa niż energia wzbudzenia dla jądra tlenu, tzn. nie może zachodzić rezonans. Widać zatem, że mamy tu do czynienia z ważną parą koincydencji (beryl-węgiel, węgiel-tlen). Jeśli poziom energii wzbudzenia węgla byłby tylko nieznacznie niższy, węgiel nie mógłby istnieć we Wszechświecie, gdyż niemalże cały zostałby przekształcony w tlen. Tak więc nie mogłoby istnieć życie oparte na węglu, gdyż pierwiastka tego nie byłoby we Wszechświecie. Podobna sytuacja dotyczyła relacji beryl-węgiel, gdyż bez istnienia odpowiedniego rezonansu beryl by się rozpadł i nie mógłby powstać węgiel we wnętrzu gwiazdy.

Wspomniane wyżej gwiazdy są najbardziej rzucającymi się w oczy ciałami niebieskimi, dlatego nietrudno się dziwić, że ich struktura stała się przedmiotem szczególnych rozważań antropicznych Brandona Cartera w latach siedemdziesiątych XX wieku. Konieczna rola Słońca w umożliwieniu powstania i podtrzymywaniu życia na Ziemi podsunęła Carterowi ważne pytanie: jak wrażliwe są własności gwiazd na wartości liczbowe podstawowych stałych przyrody? Badacz ten wykazał, że formuła określająca masę gwiazdy jest bardzo ważna z antropicznego punktu widzenia. Widać bowiem, że całkowita

energia termiczna gwiazdy jest porównywalna z jej energią grawitacyjną.

W latach siedemdziesiątych XX wieku wiadomo już było, że temperatura centralna gwiazdy dostosowuje się do temperatury powierzchniowej tak, aby szybkość produkcji energii dzięki spalaniu jądrowemu była równa strumieniowi energii wypływającemu z powierzchni gwiazdy. Reakcje jądrowe zaczynają zachodzić wtedy, gdy średnia energia termiczna protonów w rdzeniu gwiazdy osiągnie wartość potrzebną do przejścia przez barierę kulombowską wokół protonu. Energia ta jest wytwarzana przez dwa konkurujące ze sobą czynniki: rozkład energii protonów w rdzeniu gwiazdy oraz kwantowe zjawisko tunelowania pod barierą.

Gwiazda może uniknąć niestabilności konwekcyjnej tylko wtedy, gdy wartości stałych podstawowych (elektromagnetycznej i grawitacyjnej stałej struktury subtelnej, mas elektronu i protonu) są odpowiednio dobrane. Gdyby np. grawitacja była minimalnie słabsza lub siły elektryczne minimalnie silniejsze, albo elektron trochę lżejszy w stosunku do protonu, to wszystkie gwiazdy byłyby czerwonymi karłami. Gdyby tego typu zmian dokonać w przeciwną stronę, to wszystkie gwiazdy byłyby błękitnymi olbrzymami. Warto nadmienić, że tego typu gwiazdy nie zapewniają warunków do powstania i trwania życia na planetach wokół nich.

Carter zauważył także, że konwekcja na powierzchni gwiazdy odgrywa ważną rolę w procesie powstawania planet. Tak więc we Wszechświecie, w którym grawitacja

byłaby odrobinę silniejsza, nie mogłyby istnieć planety, a tym samym życie na nich. Planety bowiem mogą tworzyć się tylko wokół gwiazd konwekcyjnych, tj. takich, w których energia przenoszona jest na zewnątrz głównie poprzez dużej skali ruchy mas. Jeśli wiemy, że życie, jakie znamy, może istnieć tylko na planetach, to potrzebujemy gwiazd konwekcyjnych. Z drugiej jednak strony niektóre z gwiazd muszą być radiacyjne, gdzie transport energii z ich środków na zewnątrz zachodzi przez promieniowanie. Jest to ważne, gdyż jedynie gwiazda, której materiał nie jest kompletnie wymieszany przez konwekcję, może stać się supernową, a więc wybuchnąć, rozrzucając w przestrzeń ciężkie pierwiastki potrzebne później do powstania życia. Można wykazać, że gdyby stosunek siły grawitacyjnej do elektromagnetycznej był inny, niż obserwowany, to nie istniałyby w ogóle gwiazdy konwekcyjne, a więc nie byłoby również planet. W przypadku innego odchylenia tych wartości liczbowych mogłyby nie istnieć gwiazdy radiacyjne, co spowodowałoby brak pierwiastków ciężkich w przestrzeniach międzygwiazdnych, a to również uniemożliwiłoby późniejsze powstanie życia na planetach, które ewentualnie mogłyby składać się jedynie z pierwiastków lekkich.

Carter stawia także tezę krytyczną wobec zasady kosmologicznej, zgodnie z którą nasze położenie we Wszechświecie jest jednak uprzywilejowane w takiej mierze, w jakiej Wszechświat jest dopasowany do możliwości naszego pojawienia się i trwania. Podstawowe cechy i własności Wszechświata, jak: rozmiar, wiek i prawa opisujące jego ewolucję, muszą być dokładnie takie, jakie obserwujemy,

gdyż tylko takie umożliwiają pojawienie się białkowych form życia. Innego Wszechświata niż nasz nie miałby kto obserwować ani pytać o powody występowania takich, a nie innych jego charakterystyk. Według Cartera mierzalne wartości bardzo wielu kosmologicznych i fizycznych parametrów, które opisują nasz Wszechświat, mogą być wyznaczone, jeśli wiadomo, że w tym Wszechświecie została zapoczątkowana ewolucja biologiczna. Także kosmiczna epoka wraz ze swoimi astrofizycznymi parametrami może zostać wyznaczona, jeśli zdamy sobie sprawę, że biologiczna skala czasu umożliwiająca powstanie życia jest właśnie taka, jaką znamy z ziemskich obserwacji. Tego typu rozważania o antropicznym charakterze doprowadziły Cartera do sformułowania słabej i mocnej zasady antropicznej, które zostaną opisane w kolejnym podrozdziale.

Na zakończenie tej części książki poświęconej kosmicznemu kontekstowi życia wpisanemu w kosmiczne koincydencje warto jeszcze raz mocno podkreślić, że współczesna:

wiedza przyrodnicza, ustalając te koincydencje, wskazuje, że nasz Wszechświat posiada sprzyjające życiu własności, bez których życie to nie mogłoby się w ogóle pojawić. Jest więc pozytywnie nastawiony na życie (...), a odkrywane przez nauki przyrodnicze jego własności stanowią przynajmniej warunki konieczne do pojawienia się tego życia (Turek 2006: 275).

Fizyczne, chemiczne i biochemiczne analizy znanych nam form życia opartego na związkach węgla ukazują, że fakt zaistnienia takiego życia oraz jego późniejsza ewolucja domagają się precyzyjnie określonych warunków

dotyczących m.in.: odpowiedniego przedziału temperatur, ciśnienia, ochrony przed niszczącymi życie czynnikami, występowania określonego typu pierwiastków oraz związków chemicznych. Tego typu wymogi są mocno uzależnione od zachodzenia zjawisk i procesów w skali całego Wszechświata. Te z kolei są determinowane działającymi w przyrodzie siłami, a w szczególności ich wzajemnymi proporcjami (np. proporcją natężenia sił grawitacyjnych i elektromagnetycznych), których wyraz znaleźć można w kosmicznych koincydencjach. Przeprowadzone dotychczas badania jednoznacznie wskazują, że znana nam postać życia nie mogłaby zaistnieć i ewoluować przy nawet nieznacznie zmienionych własnościach Wszechświata. Życie może powstać tylko we Wszechświecie, który ma kilkanaście miliardów lat, ma rozmiary kilkunastu miliardów lat świetlnych i posiada na tyle dużą masę, aby jego czasoprzestrzeń była niemalże płaska².

2.2. Zasady antropiczne

STANDARDOWY MODEL KOSMOLOGICZNY pozostawia bez odpowiedzi wiele ważnych pytań. Na przykład, dlaczego młody Wszechświat był tak gorący? Dlaczego jest on tak jednorodny w wielkiej skali, tzn. dlaczego wygląda

² Więcej przykładów antropicznych koincydencji umożliwiających istnienie Wszechświata antropicznego znaleźć można w obszernej monografii (Barrow, Tipler 1996).

tak samo we wszystkich kierunkach i ze wszystkich punktów potencjalnych obserwacji? Dlaczego zaczął się rozszerzać w tempie właśnie takim, jakie było potrzebne do uniknięcia ponownej zapaści? Dlaczego jednorodny i izotropowy Wszechświat zawiera lokalne skupiska materii, takie jak gwiazdy i galaktyki? Skąd wzięły się fluktuacje gęstości umożliwiające powstanie gwiazd i galaktyk? Dlaczego Wszechświat zaczął swoją ewolucję w taki sposób, że mógł osiągnąć obecny stan?

Trudności z udzieleniem odpowiedzi na tego typu pytania skłoniły niektórych badaczy do zwrócenia uwagi na wcześniej opisany kosmiczny kontekst życia na Ziemi oraz zaproponowanie zasad antropicznych, które precyzowały ten kontekst. W ramach bowiem standardowego modelu kosmologicznego nie było wystarczająco dużo czasu, aby we wczesnych fazach rozwoju Wszechświata ciepło mogło przepłynąć z jednego regionu do innego. Oznacza to, że poszczególne regiony Wszechświata musiały niemalże od początku swojej ewolucji mieć dokładnie taką samą temperaturę, w innym bowiem razie mikrofalowe promieniowanie tła, które obserwujemy, nie mogłoby mieć takiej samej temperatury w dowolnie mierzonym kierunku. Ponadto początkowe tempo ekspansji musiałyby zostać dobrane bardzo precyzyjnie, aby Wszechświat nie zapadł się przed osiągnięciem kilku miliardów lat potrzebnych na pojawienie się życia. To w konsekwencji oznacza, że jeśli standardowy model kosmologiczny jest prawidłowy, to początkowy stan Wszechświata musiał zostać bardzo starannie dobrany. W ramach tego modelu nie można wyjaśnić,

dłaczego Wszechświat zaczął swoją ewolucję właśnie w taki sposób. W tym kontekście pojawia się kilka możliwości: z pomocą przychodzi zasada antropiczna, nasz Wszechświat jest tylko jednym z wielu w nieskończonym zbiorze wszechświatów równoległych, Wszechświat został specjalnie zaprojektowany przez Boga, którzy zamierzył powołać go do istnienia jako Wszechświat antropiczny (w kolejnych częściach książki zostaną przedyskutowane te możliwości).

Wspomniany wyżej Carter wyróżnił dwie wersje zasady antropicznej: słabą i mocną. **Słaba zasada antropiczna** postuluje, że to, co spodziewamy się zaobserwować, musi być ograniczone do warunków koniecznych dla naszego istnienia jako obserwatorów (Carter 1974). W innym sformułowaniu zasada ta stwierdza, że obserwowane wartości wszystkich wielkości fizycznych i kosmologicznych nie są jednakowo prawdopodobne, ale ich wartości są ograniczone w ten sposób, aby istniały we Wszechświecie obszary, w których życie może ewoluować, oraz że wiek Wszechświata jest wystarczający do zajścia tego procesu (Barrow, Tipler 1996)³.

W swej słabej wersji zasada antropiczna jest zatem rodzajem postulatu selekcji. Z góry wiadomo bowiem, że spośród wielu możliwych wyników obserwacji różnych parametrów kosmologicznych zaobserwujemy tylko te, przy których możliwe są warunki niezbędne do zaistnienia

³ Więcej sformułowań słabej i mocnej zasady antropicznej wraz z odniesieniami literaturowymi można znaleźć w (Leciejewski 2007: 124–133).

i ewolucji życia. Przykładem tego typu rozumowania jest oszacowanie wieku Wszechświata, gdzie wynikiem takiego oszacowania może być tylko liczba rzędu 10 mld lat, gdyż tylko w takiej epoce może żyć rozumny obserwator.

Słabej zasady antropicznej można użyć jako specyficznego testu kosmologicznego, w ramach którego daną eksperymentalną jest fakt istnienia białkowych form życia. Wiadomo bowiem, że życie istnieje, a więc Wszechświat nie może być dowolny; musi być on taki, aby w pewnym okresie jego historii zaistniały w nim warunki umożliwiające ewolucję biologiczną. Tak więc modele kosmologiczne, które nie dopuszczają możliwości powstania życia (np. w ich ramach nie da się zaproponować modelu powstawania węgla, gwiazd i planet, postulują czas ewolucji Wszechświata znacznie krótszy niż 10 mld lat itp.), należy odrzucić jako niezgodne z danymi empirycznymi (faktem istnienia życia). Badacze, którzy przeprowadzają powyższe rozumowania na podstawie słabej zasady antropicznej, akceptują ziemskie prawa fizyki i ekstrapolują je w czasie i przestrzeni (zakładają, że obowiązują od początku ewolucji Wszechświata i w każdym jego miejscu), a wartości stałych fundamentalnych uważają za niezmiennie. W takim ujęciu słaba zasada antropiczna na podstawie faktu istnienia życia nie tyle wyjaśnia zachowanie się charakterystyk Wszechświata (np. jego wieku) i nie uzasadnia wartości wielkich liczb, ale raczej charakterystyki te i wartości czerpie z innej dziedziny, którą jest biologia. Mielibyśmy tutaj do czynienia z czymś w rodzaju transferu idei z biologii (warunki potrzebne do

zaistnienia i ewolucji życia) do kosmologii (obserwowane parametry kosmologiczne sprzyjające życiu). Kosmiczny kontekst życia zgodnie ze słabą zasadą antropiczną byłby niejako narzucany kosmologii przez ustalenia z zakresu biologii ewolucyjnej i jej nauk pokrewnych.

Mocna zasada antropiczna stwierdza natomiast, że Wszechświat (a zatem i fundamentalne parametry, od których zależy) musi być taki, by dopuszczać istnienie życia na pewnym etapie swojej ewolucji (Carter 1974). W innym swoim sformułowaniu głosi, że Wszechświat musi posiadać własności, które pozwolą na rozwój życia w pewnym okresie jego historii (Barrow, Tipler 1996).

Wielu interpretatorów mocnej zasady antropicznej stawia bardzo stanowczą tezę, zgodnie z którą wytworzenie życia i wykreowanie świadomego obserwatora jest celem istnienia i ewolucji Wszechświata. Wszechświat musi być taki, aby dopuszczać istnienie obserwatora w pewnej fazie swojej historii. Nietrudno zauważyć, że jest to rodzaj postulatu teleologicznego. Jeśli bowiem zgodzimy się, przekonują zwolennicy mocnej zasady antropicznej, że Wszechświat (opisywany przez fizykę, jaką poznaliśmy na Ziemi) musi być taki, by umożliwić powstanie białkowych form życia, to można wykazać, że wartości stałych fizycznych nie mogły być inne, niż są, gdyż np. wtedy, gdyby były inne, to planety nie poruszałyby się po zamkniętych orbitach, atomy byłyby nietrwałe, chemia zbyt uboga w ciężkie pierwiastki itp. Co ważne, ten sam sposób rozumowania można również zastosować do warunków początkowych Wszechświata, opisywanego przez standardowy model

kosmologiczny. Warunki te są bowiem w dużym stopniu przewidywalne, jeśli tylko założy się, że Wszechświat musi powołać do istnienia białkowe formy życia.

Kosmologowie woleliby dysponować fundamentalną teorią fizyczną (będącą połączeniem ogólnej teorii względności z mechaniką kwantową), z której wynikałyby wartości stałych fizycznych oraz warunki początkowe ewolucji Wszechświata, ale ponieważ taka teoria jeszcze nie istnieje w wersji testowalnej empirycznie, to lepiej – przekonują zwolennicy zasad antropicznych – wyjaśniać poprzez odwołanie się do mocnej zasady antropicznej, niż nie wyjaśniać wcale. Tak więc zasada ta może spełniać w kosmologii bądź rolę heurystyczną, bądź funkcję wyjaśniania zastępczego.

Istnieją także mniej znane, ale za to budzące jeszcze więcej kontrowersji i tym samym dyskutowane z jeszcze większym światopoglądowym zaangażowaniem, wersje zasady antropicznej (probabilistyczna, ostateczna i partycypacyjna)⁴. Pierwszą z nich jest **probabilistyczna (wieloświatowa) zasada antropiczna**, odwołująca się wprost do interpretacji mechaniki kwantowej Everetta, zgodnie z którą w procesie pomiaru kwantowo-mechanicznego mierzony stan dzieli się na odrębne układy, stanowiące realizację wszystkich teoretycznie dopuszczalnych możliwości. Wynik pomiaru należy do jednego z wielu światów

⁴ Precyzyjne sformułowania probabilistycznej, ostatecznej i partycypacyjnej zasady antropicznej wraz z odniesieniami literaturowymi można znaleźć w (Leciejewski 2007: 134–138).

równoległych. W takim kontekście łatwo wyjaśnić koincydencje ukazywane przez zasadę antropiczną. Są one bowiem, w myśl kosmologii wieloświatowej, tylko i wyłącznie wynikiem naszej pozycji w zbiorze wielu światów. W innych światach równoległych, gdzie występują inne stałe i obowiązują odmienne prawa fizyczne, nie mogło powstać życie bazujące na węglu. Istnienie organizmów żywych jest teoretycznie możliwe w zbiorze wszystkich możliwych światów, więc nie powinno nikogo dziwić, że zaistniało. W uniwersum stanowiącym realizację wszystkich teoretycznie możliwych światów muszą istnieć także światy antropiczne. Probabilistyczna zasada antropiczna stwierdza zatem, że jeśli w uniwersum znajduje realizację nieskończony zbiór światów teoretycznie możliwych, wówczas przynajmniej w jednym z nich istniejące własności fizyczne pozwalają na powstanie białkowych form życia. Stwierdzenie występowania takich własności oznacza, że znajdujemy się w takim właśnie antropicznym Wszechświecie.

Ostateczna zasada antropiczna postuluje, że proces rozumowego przetwarzania informacji musi zaistnieć we Wszechświecie, a zaistniawszy, nigdy nie może zniknąć (Barrow, Tipler). W nieco innym sformułowaniu głosi, że rozumne przetwarzanie informacji musi zaistnieć we Wszechświecie, a skoro już zaistnieje, będzie trwać wiecznie. W kontekście tak rozumianej celowościowej wersji zasady antropicznej ważne jest rozstrzygnięcie, czy jakaś forma życia mogłaby istnieć bez ograniczeń w przyszłości. Do tego potrzebna jest możliwość przetwarzania

informacji, które wymaga jakiejś formy nierównowagi termodynamicznej. Tak więc inteligencja jest tu rozumiana jako odpowiednio skomplikowany proces przetwarzania informacji. Zgodnie z ostateczną zasadą antropiczną tak rozumiana inteligencja, z chwilą gdy zaistnieje, nigdy nie powinna przestać istnieć. Nawet we Wszechświecie zmierzającym do osobliwości końcowej możliwe jest istnienie takiej formy życia, ale jej nieskończoność jest rozumiana jako nieskończenie wiele procesów przetwarzania informacji, a nie nieskończone trwanie w czasie.

Najbardziej skrajnie antropiczną wizję Wszechświata postuluje **partycypacyjna zasada antropiczna**, która głosi, że obserwatorzy są konieczni, aby doprowadzić Wszechświat do istnienia (John Wheeler). Zwolennicy tej zasady twierdzą, że istnienie rozumnego obserwatora jest koniecznym warunkiem istnienia Wszechświata. Postulat ten, według którego Wszechświat istnieje tylko wtedy, gdy jest obserwowany, z jednej strony nawiązuje do filozoficznych ustaleń George'a Berkeleya, a z drugiej do specyficznej interpretacji mechaniki kwantowej Johna von Neumanna. W myśl tej interpretacji redukcja liniowej superpozycji możliwych stanów układu w akcie pomiaru następuje w świadomości obserwatora, który w przeciwieństwie do innych układów fizycznych ma świadomość stanu, w którym się znajduje.

Partycypacyjna zasada antropiczna jest to więc idea, zgodnie z którą obserwator nie tylko obserwuje procesy kosmiczne, ale także aktywnie w nich uczestniczy. W takim uczestniczącym Wszechświecie istnienie obserwatora

jest przyczyną (racją) powstania Wszechświata. Nietrudno zdać sobie sprawę, że taka wizja Wszechświata prowadzi do pewnego paradoksu. Zgodnie z tą wersją zasady antropicznej to człowiek dokonuje redukcji superpozycji stanów wszechświata do jednego obserwowalnego Wszechświata. Nie wiadomo jednak, kto lub co dokonało kwantowego przejścia z możliwości do naszego Wszechświata, zanim pojawił się w nim człowiek-observator (reduktor funkcji falowej). Powstaje zatem dylemat: czy Wszechświat wytworzył człowieka, czy człowiek skonkretyzował Wszechświat? Jest to błędne koło, z którego teologiczne wyjście wskazał Berkeley (do zagadnień tych powrócimy w rozdz. 3.2).

Na zakończenie tej części warto przypomnieć i podkreślić, że zasady antropiczne w rozwoju kosmologii (oraz filozofii) mogą odgrywać trojaką rolę. Przyjmując mocną zasadę antropiczną, można użyć jej do prób wyjaśnienia problemów standardowego modelu kosmologicznego. Można posłużyć się słabą zasadą antropiczną jako specyficznym, jakościowym testem kosmologicznym. Ponadto pozostałe wersje zasad antropicznych mogą inspirować do różnorodnych dociekań filozoficznych oraz szukania alternatywnych względem niej rozwiązań problemów standardowego modelu kosmologicznego (modele inflacyjne oraz modele z zakresu kosmologii kwantowej)⁵. Tego typu rozważaniom poświęcony zostanie kolejny rozdział książki.

⁵ Szczegółowe omówienie roli zasad antropicznych w rozwoju kosmologii można znaleźć w (Leciejewski 2007: 153–180).

Filozofia w kosmologii antropicznej

NURT ANTROPICZNY W KOSMOLOGII pojawił się jako próba rozwiązania trudności, które pojawiły się w kosmologii lat siedemdziesiątych XX wieku. Wiele ważnych problemów, jakie napotkał standardowy model kosmologiczny, w tym również niemożliwość wyjaśnienia koincydencji wielkich liczb, inspirowało do poszukiwania nowych sposobów analizy zagadnień kosmologicznych. Tym nowym sposobem badań kosmologicznych stało się tzw. wyjaśnianie antropiczne, fundujące kosmologię antropiczną. Nie negowało ono potrzeby poszukiwania nowych koncepcji kosmologicznych, jednak proponowało – do czasu ich pojawienia się – wykorzystanie argumentów antropicznych do wyjaśniania kosmicznych koincydencji (rozdz. 3.1). Tak zasygnalizowana kosmologia antropiczna inspiruje do różnorodnych refleksji na pograniczu kosmologii i filozofii oraz konkretyzuje wiele zagadnień z zakresu filozofii kosmologii (rozdz. 3.2).

3.1. Kosmologia antropiczna

KOSMOLOGIA ANTROPICZNA jest próbą odpowiedzi na problemy, z którymi nie mógł sobie poradzić standardowy model kosmologiczny. Do najważniejszych z nich należą: problem osobliwości (załamanie się modelu w tzw. progu Plancka), problem horyzontu (dlaczego ewolucja przebiega tak samo w całym obserwowalnym Wszechświecie, pomimo że jego odległe regiony nie mogły wymieniać ze sobą informacji), problem płaskości (dlaczego Wszechświat zachowuje się jak jeden „płaski” świat Friedmana, choć innych scenariuszy ewolucji jest nieskończenie wiele), problem asymetrii barionowej (dlaczego w początkowych fazach ewolucji pojawiło się nieco więcej materii względem antymaterii, która nie uległa później anihilacji), problem stosunku liczby fotonów do liczby barionów (dlaczego fotonów jest około miliard na każdy barion) itd.

Próby rozwiązania wyżej wzmiankowanych problemów standardowego modelu kosmologicznego doprowadziły do powstania modeli stanowiących rozwinięcie modelu standardowego. Te nowe modele, rozwiązując problemy standardowego modelu kosmologicznego, przy okazji opisywały Wszechświat antropiczny, gdyż udzielały odpowiedzi na pytanie: dlaczego we Wszechświecie istnieją takie jego charakterystyki, które sprzyjają życiu (tj. jak można rozwiązać np. problem horyzontu, płaskości, asymetrii barionowej itd.)? Zostały zatem zaproponowane modele inflacyjne, tworzone w kontekście teorii wielkiej unifikacji, oraz modele z zakresu kosmologii

kwantowej, nawiązujące do teorii strun (lub superstrun), w których kosmiczne struny stanowią rodzaj „topologicznej pozostałości” po pierwotnym wybuchu. Proponowane są też rozwiązania, które w ramach prób skonstruowania teorii kwantowej grawitacji proponują nowe spojrzenie na powstanie Wszechświata (np. model Hartle’a-Hawkinga).

Modele inflacyjne stanowią przykład zastosowania teorii cząstek elementarnych do badania globalnych własności Wszechświata. Powstanie chromodynamiki kwantowej oraz teorii oddziaływań elektroslabych Weinberga-Salama pozwoliło na rekonstrukcję przebiegu ewolucji Wszechświata w erze hadronowej. Później okazało się, że dane kosmologiczne nakładają ograniczenia na parametry teorii fizycznych (np. kosmologiczne dane obserwacyjne ograniczają liczbę rodzajów neutrin i ich masy). Zdano sobie także sprawę, że Wszechświat w początkowych fazach swojej ewolucji był potężnym akceleratorem, który działał wprawdzie przed kilkunastoma miliardami lat i tylko przez niecałą sekundę, ale za to generował energie nieosiągalne w ziemskich laboratoriach. Tak więc cały Wszechświat okazał się olbrzymim laboratorium testującym podstawowe teorie fizyczne.

W takim kontekście, w 1981 roku pojawiła się praca Alana Gutha, w której zaproponował pierwszy model inflacyjny, pomyślany głównie jako próba rozwiązania problemu horyzontu. Model ten postulował wykładnicze zwiększanie się czynnika skali (rozmiarów Wszechświata) w taki sposób, aby pierwotne rozmiary obserwowalnego współcześnie Wszechświata były porównywalne do

promienia horyzontu. Jest to możliwe, gdy założy się istnienie ery inflacyjnej, kiedy to Wszechświat ewoluował wykładniczo. W tym okresie temperatura była stała, a kosmiczny czynnik skali powiększał się wiele razy. Warto dodać, że wprowadzenie inflacji rozwiązuje także problem płaskości Wszechświata, gdyż jest on ściśle związany z problemem horyzontu i rozwiązanie jednego z nich usuwa drugi.

Zaletą modelu inflacyjnego jest to, że jedynym założeniem dotyczącym warunków sprzed inflacji jest to, że wczesny Wszechświat był gorący (założenie to zostało wcześniej potwierdzone empirycznie poprzez odkrycie promieniowania relikowego). Zajście mechanizmu inflacji zaciera wszystkie ślady po warunkach wcześniejszych, które mogły być dowolne. Za jednorodność i płaskość oraz za obserwowaną asymetrię barionową odpowiada określony mechanizm fizyczny, wynikający z teorii wielkiej unifikacji. Tak więc Wszechświat wyłaniający się po inflacji jest w dużym stopniu niezależny od tego, co działo się przed erą inflacji, a tuż po Wielkim Wybuchu. Cechy charakteryzujące nasz Wszechświat zostały ukształtowane dopiero po zakończeniu ery inflacyjnej, a dla uchwycenia mechanizmu inflacji ważne są tylko efekty związane ze spontanicznym łamaniem symetrii przez pole Higgsa.

Guth szybko dostrzegł istotne braki swej koncepcji (brak sensownego mechanizmu wyjścia z ery inflacyjnej, produkcja w trakcie inflacji monopoli magnetycznych, których nie obserwujemy), a kontynuatorzy (Stephen Hawking, Ian Moss, Gary Gibbons, Paul Steinhardt,

Andriej Linde, John Ellis, Motohiko Yoshimura, Tony Rothman i in.) rozpoczęli dyskusję tych problemów, która doprowadziła do rozbudowy teorii inflacji. We wszystkich tych pracach przyjmowano za Guthem, że inflacja jest wynikiem przechłodzenia wysokotemperaturowego stanu próżni pola Higgsa i że towarzyszyć jej musi, w pewnym momencie, przejście fazowe do stanu próżni prawdziwej.

Powyższe założenie zostało zakwestionowane w 1983 roku przez Lindego. Próbował on bowiem otrzymać obecnie obserwowalny jednorodny i izotropowy Wszechświat za pomocą inflacyjnej ekspansji chaotycznych warunków początkowych. Jednakże efektem tak rozumianej inflacji nie musiał być Wszechświat globalnie jednorodny i izotropowy, a wystarczyło, by istniały w nim obszary z takimi cechami (aktualne rozmiary tych obszarów są większe niż obecna średnica obserwowalnego Wszechświata). Do tego zaś celu, według Lindego, spontaniczne łamanie symetrii i przejścia fazowe nie są wcale konieczne. W modelu tym bowiem pierwotny Wszechświat składa się z nieskończonej liczby niezależnych domen, w których wartość pola Higgsa jest lokalnie stała (z dokładnością, którą wyznacza zasada nieoznaczoności Wernera Heisenberga). Jeśli wartość pola Higgsa danej domeny mocno różni się od wartości minimum (ale nie bardziej, niż zezwala na to nieoznaczoność), to domena rozpocznie inflację tym gwałtowniejszą, im większa była pierwotna jej nierównowaga.

Rozwój teorii inflacyjnych po roku 1983 związany był z coraz większą komplikacją aparatu pojęciowego

i szukaniem coraz to innych teorii mogących stać się ich podstawą. Postulowano inflację, opisaną potencjałem dwudziestu czterech pól Higgsa, w miejsce stosowanego dotychczas potencjału jednego pola. Próbowano także do konstrukcji modeli inflacyjnych używać supersymetrycznych teorii wielkiej unifikacji oraz teorii supergrawitacji, opisywanych w jedenastowymiarowej czasoprzestrzeni. Pomimo długiego czasu, jaki upłynął od narodzin koncepcji inflacji, oraz pomimo coraz bardziej wyrafinowanych metod konstruowania teorii, wydaje się, że żaden z dotychczasowych modeli inflacyjnych nie zdołał w zadowalający sposób rozwiązać problemów standardowego modelu kosmologicznego (rozwiązując bowiem jeden problem, np. płaskości lub horyzontu, sam generował następne, np. monopoli, braku mechanizmu zakończenia inflacji).

Warto jednak zauważyć, że w czasie przed inflacją cały Wszechświat miał rozmiary znacznie mniejsze od atomu. Wiadomo także, że w takiej skali zawodzą klasyczne teorie fizyczne (np. OTW), które muszą ustąpić teorii kwantów. Z tego względu postuluje się zastosowanie mechaniki kwantowej do opisu wczesnego, przedinflacyjnego Wszechświata. Program wykorzystania teorii kwantów do opisu wczesnego Wszechświata nazwano kosmologią kwantową.

Doniosłym zastosowaniem teorii cząstek elementarnych do zagadnień kosmologicznych jest zagadnienie powstawania świata. Idee zaczerpnięte z fizyki cząstek elementarnych są bowiem rozciągane na tego typu próby

tłumaczenia początku świata. W podejściach tych sięga się po analogię pomiędzy kreacją wirtualnych cząstek jako kwantowych fluktuacji a spontaniczną kreacją całego Wszechświata.

Najprostszy scenariusz pochodzenia naszego Wszechświata, wynikający z założeń kosmologii kwantowej, mógł wyglądać następująco: z próżni kwantowej bezprzyczynowo, przypadkowo i spontanicznie jako kwantowa fluktuacja wyłania się zamknięty Wszechświat (jego całkowita energia jest równa zero, gdyż dodatnią energię materii równoważy ujemna energia pola grawitacyjnego). O jego istnieniu w czasie można mówić dopiero wtedy, gdy minie próg Plancka, gdyż dopiero wtedy Wszechświat ten ma określoną przestrzeń stanów, wynikającą z postaci jego hamiltonianu i warunków brzegowych, będących rezultatem rodzaju zaistniałej kwantowej fluktuacji. Istnieje on więc jako superpozycja możliwych wszechświatów z przestrzeni jego stanów. Po przekroczeniu progu Plancka znikają kwantowe fluktuacje geometrii i Wszechświat zaczyna się rozszerzać zgodnie z ogólną teorią względności.

Proces kreacji nowej materii poprzez fluktuacje próżni w silnym polu grawitacyjnym w pobliżu horyzontu zdarzeń czarnych dziur został opracowany przez Hawkinga i pomógł w ilościowym opisie kosmologicznej kreacji Wszechświata. W konsekwencji sformułowano wiele modeli kreacyjnych w ramach kosmologii kwantowej. Modele te jednak wymagają preegzystencji przestrzeni lub superprzestrzeni, a ponadto występują trudności

w spontanicznym wykreowaniu Wszechświata z pustej, płaskiej przestrzeni, którą można by utożsamić z nicością, gdyż dla zajścia procesu kreacji konieczna jest przestrzeń zakrzywiona, tzn. niepusta. Kosmologię kwantową rozwijali: John Wheeler, Richard Arnowitt, Stanley Deser, Charles Misner, Bryce DeWitt, Edward Witten, James Hartle, Stephen Hawking i in.

Najszerzej znaną propozycją z zakresu kosmologii kwantowej jest model Hartle'a-Hawkinga. Autorom chodziło o wyjaśnienie pojawienia się Wszechświata oraz o stworzenie ogólnej metody, łączącej w sobie istotne elementy fizyki kwantowej oraz ogólnej teorii względności. Hartle i Hawking zaproponowali formuły, uzyskane w ramach Richarda Feynmana całkowania po drogach, z których można było wyliczyć prawdopodobieństwo przejść Wszechświata pomiędzy różnymi stanami. Stworzyć świat z nicości według tych badaczy, to pokazać, że prawdopodobieństwo przejścia ze stanu, którego nie ma, do jakiegokolwiek innego stanu Wszechświata jest niezerowe. Wszechświat może więc powstać z niczego na mocy praw fizyki kwantowej, odpowiednio skorelowanych z postulatami ogólnej teorii względności (Leciejewski 2010: 189–208).

Wyjaśnienie kwantowej kreacji Wszechświata zaproponowane przez Hartle'a i Hawkinga odwołuje się do praw fizyki, których pochodzenia nie wyjaśnia. Model ten zatem nie odpowiada na wszystkie pytania, jak sugerują niektóre jego opracowania. Jest jednak pierwszą znaną szerzej próbą skonstruowania modelu genezy

Wszechświata. Jego sukces opiera się wszakże na zbyt wielu, co warto podkreślić, dość dowolnych założeniach. Stał się on jednak inspiracją do dalszych prac badawczych, m.in. opierających się na M-teorii (np. model ekpyrotyczny) lub algebrach nieprzemiennej (np. model nieprzemienności) (Heller 2001).

Rozważając zagadnienia związane z kosmologią antropiczną, warto także zauważyć, że opierając się na ustaleniach współczesnej kosmologii, można sformułować warunki konieczne (choć z pewnością niewystarczające) do pojawienia się i ewolucji życia. W takim kontekście warto zadać pytanie, jakie warunki musi spełnić Wszechświat, aby możliwe było w nim życie? Jakie warunki musi spełniać model kosmologiczny, aby stać się odpowiednim środowiskiem dla dynamicznego procesu ewolucji? Innymi słowy, jaki musi być model Wszechświata, aby był modelem antropicznym? Tego typu pytanie można zadać jeszcze inaczej: jakie warunki musi spełniać model kosmologiczny, aby w jego ramach spełniona była zasada antropiczna, tj. aby zgodnie z tym modelem, w jakimś miejscu Wszechświata pojawiły się warunki sprzyjające powstaniu życia? W dalszych rozważaniach zwrócę uwagę na ważną cechę, jaką musi odznaczać się kosmologiczny układ dynamiczny, aby mogła w nim zaistnieć ewolucja biologiczna.

Charakterystyczną cechą równań ogólnej teorii względności jest ich nieliniowość. Ważnym jej przejawem jest to, że pole grawitacyjne zakrzywia czasoprzestrzeń. Warto zwrócić uwagę na fakt, że z jednej strony nieliniowość stwarza poważne problemy o charakterze

rachunkowym, ale z drugiej strony – ma podstawowe znaczenie dla zagadnienia możliwości ewolucji biologicznej (Heller 2006: 439–448). Wychodząc od niewątpliwego faktu istnienia życia na jednej z planet i pytając o warunki, jakie musi spełnić Wszechświat, aby ten fakt mógł zaistnieć, dochodzimy do ważnego wniosku:

Wszechświat musi być nieliniowym układem dynamicznym, dopuszczającym istnienie mechanizmów odpowiedzialnych za proces samoorganizacji (w szczególności dopuszczającym pewien stopień chaosu deterministycznego) (Heller 2006: 448).

Okazuje się, że nie wszystkie teoretycznie możliwe relatywistyczne modele Wszechświata spełniają te warunki. Model z dobrym przybliżeniem opisujący nasz (antropiczny) Wszechświat musi należeć do klasy modeli spełniających powyższe warunki. Jeśli zatem w jego ramach możliwe jest zaistnienie białkowych form życia, jest to model antropiczny.

Omówione wyżej modele inflacyjne oraz kwantowe mogą być takimi modelami antropicznymi, proponowanymi w ramach kosmologii antropicznej, gdyż w ramach tych modeli może być spełniona zasada antropiczna. Dzięki tego typu modelom antropicznym, co szczegółowo przedyskutowano wyżej podczas omawiania modeli inflacyjnych oraz kwantowych, można próbować rozwiązywać podstawowe problemy standardowego modelu kosmologicznego, umożliwiające pojawienie się białkowych form życia. Tak więc kosmologia antropiczna proponowałaby modele antropiczne, w ramach których spełniona byłaby

któraś z wersji zasady antropicznej. Innymi słowy w ramach tych modeli można by sensownie mówić o kosmicznym kontekście życia, który liczbowo wyrażałby się w zachodzeniu kosmicznych koincydencji. Byłoby to jednak wąskie rozumienie kosmologii antropicznej.

Kosmologia antropiczna w szerokim sensie próbowałaby domagać się szczegółowego uwzględnienia w jej ramach bardzo szerokich pokładów wiedzy przyrodniczej, aby możliwe było powiązanie zagadnień kosmologicznych z antropologicznymi. Kosmologia antropiczna w takim rozumieniu:

byłaby więc pierwszą nowożytną dziedziną nauki domagającą się systematyzacji szczegółowej wiedzy pochodzącej ze wszystkich właściwie dyscyplin naukowych – jej moc wyjaśniająca zależy w równym stopniu od solidnego opracowania tematów *stricte* kosmologicznych, co od wyczerpującej analizy bliskich nam zjawisk zachodzących na Ziemi. Samo pojawienie się na horyzoncie poznawczym projektu syntetycznej nauki o tak wielkich ambicjach jest nie tylko emocjonujące, ale też wiele mówi o postępującym procesie łączenia się zatimizowanych dziedzin wiedzy w jedną fundamentalną naukę o przyrodzie. Co szczególnie istotne, w ramach tej nauki człowiek stanowiłby punkt węzłowy, a nie tylko zaniedbywalny fenomen, jak ma to miejsce we współczesnej fizyce fundamentalnej (Lamża 2015: 228).

W tak rozumianej kosmologii antropicznej miejsce znalazłyby różne nauki szczegółowe – od astrofizyki i geologii, przez chemię i biologię, aż po najszerzej rozumianą antropologię.

Mielibyśmy zatem do czynienia z całą gamą możliwych odsłon kosmologii antropicznej. W swoim najwęższym rozumieniu konstituowałyby ją modele

kosmologiczne zgodne z zasadami antropicznymi (moglibyśmy tutaj zatem mieć: słabą kosmologię antropiczną, mocną kosmologię antropiczną itd.). W swoim najszerszym rozumieniu kosmologia antropiczna byłaby nauką integrującą kosmologię z wszystkimi pozostałymi naukami ewolucyjnymi. Można sobie wyobrazić także rozumienia pośrednie, usytuowane między – wyżej scharakteryzowanymi – wąskim i szerokim rozumieniem kosmologii antropicznej. Filozoficznym implikacjom tak zarysowanych sposobów rozumienia kosmologii antropicznej poświęcona zostanie kolejna część pracy.

3.2. Filozoficzne implikacje kosmologii antropicznej

NA WSTĘPIE ROZWAŻAŃ dotyczących filozoficznych implikacji kosmologii antropicznej warto przypomnieć, że pojawiające się po mechanice klasycznej teorie nakładały na obserwatora pewne ograniczenia, tzn. podawały minimalny zbiór warunków, jakie musi on spełnić, co było konsekwencją ontologii świata, postulowanej w ramach danej teorii fizycznej. Jeśli za punkt wyjścia tego typu rozważań przyjmie się koncepcję demona Pierre'a Simona de Laplace'a, to można zauważyć, że jego poznawcza wszechmoc ulega ograniczeniom, które ufundowane były na ontologii świata, postulowanej przez daną teorię fizyczną. Demon Laplace'a to abstrakcyjna istota dysponująca kompletną wiedzą o położeniu wszystkich

cząstek elementarnych Wszechświata oraz wszelkich siłach działających na nie; dzięki analizie tych danych na podstawie deterministycznej mechaniki klasycznej zdolna jest ona do odtworzenia całej przeszłości i przewidzenia całej przyszłości ruchów wszystkich obiektów we Wszechświecie.

Pierwsze ograniczenie demona Laplace'a postuluje teoria względności, która zakłada skończoną prędkość rozchodzenia się sygnałów, co wyklucza zdobycie wiedzy o obszarach czasoprzestrzeni oddzielonych tzw. interwałem przestrzennopodobnym (w ramach szczególnej teorii względności, STW) albo horyzontem zdarzeń (w ramach ogólnej teorii względności, OTW). Ponadto każdy pomiar w ramach STW i OTW jest pomiarem przeszłości, zatem badacz nie może obserwować Wszechświata w teraźniejszości (np. obraz Księżyca widzimy z jednosekundowym opóźnieniem, obraz Słońca z ośmiominutowym opóźnieniem, gdyż prędkość światła jest skończona i przebycie konkretnej odległości od obiektu do obserwatora zajmuje określoną ilość czasu).

Mechanika kwantowa natomiast wymaga uwzględnienia roli, jaką pełni fizyczne oddziaływanie przyrządu pomiarowego na badany obiekt. Ważną konsekwencją słynnej zasady nieoznaczoności Heisenberga jest aspektowość poznania pewnych cech mikroobjektów. Mówi ona, że istnieją takie pary wielkości (np. położenie i pęd), których nie da się jednocześnie zmierzyć z dowolną dokładnością. Akt pomiaru jednej wielkości wpływa na układ tak, że część informacji o drugiej wielkości zostaje utracona. Zasada

nieoznaczoności nie wynika z niedoskonałości metod ani instrumentów pomiaru, lecz z samej ontologii świata. Jest to ważne ograniczenie, przynajmniej w stosunku do sytuacji poznawczej istniejącej w fizyce klasycznej, w ramach której obserwator mógł mieć precyzyjną wiedzę zarówno o położeniu, jak i o pędzie danego obiektu.

Z kolei termodynamika implikuje, że tylko rejony Wszechświata dalekie od stanu równowagi termodynamicznej umożliwiają istnienie bogatej złożoności układów fizycznych oraz istnienie procesów nieodwracalnych, które są konieczne do zaistnienia białkowych form życia. Termodynamika nieliniowa wymaga ponadto uwzględnienia ograniczeń związanych z nieliniowością procesów fizycznych, które opisywane są nieliniowymi równaniami różniczkowymi. Fakt, że równania opisujące zjawiska chaotyczne są analitycznie niecałkowalne oraz że nie jesteśmy w stanie sprawdzić skomplikowanych obliczeń numerycznych, także nie wynika z powodów czysto technicznych, tj. z naszej nieudolności w rachunkach (Leciejewski 2013: 76–85).

Warto podkreślić, że wszystkie przypomniane wyżej ograniczenia wynikają z ontologii świata, postulowanej przez daną teorię fizyczną. Nie jest to zatem konsekwencja gatunkowych czy indywidualnych ułomności poznawczych podmiotu. Tego rodzaju analizy antropiczne można przeprowadzać nie tylko na gruncie podstawowych teorii fizycznych (STW, OTW, mechaniki kwantowej, termodynamiki), ale także na gruncie kosmologii. Jak już wspomniano, zostały one zapoczątkowane wtedy,

gdy zaczęto zwracać uwagę na fakt, że Wszechświat, aby mógł w nim pojawić się człowiek, musi być Wszechświatem specyficznym, delikatnie zestrojonym. Tak więc Wszechświat, aby mógł być Wszechświatem antropicznym, nie może być dowolny, muszą w nim pojawić się koincydencje wielkich liczb oraz wiele innych parametrów sprzyjających powstaniu oraz ewolucji życia.

Na filozoficzne konsekwencje kosmologii antropicznej można spojrzeć z nieco innej perspektywy, choć także mocno związanej z ontologią świata. Warto przypomnieć, że średniowieczna wizja świata (mocno nawiązująca do wizji antycznych) przypisywała człowiekowi centralne miejsce w stworzonym przez Boga świecie. Miejsce to było mocno podkreślone przez geometryczną lokalizację człowieka na Ziemi, która znajdowała się w środku skończonego wszechświata. Odkrycie Kopernika usunęło człowieka wraz z Ziemią z centralnej, w geometrycznym sensie, pozycji we wszechświecie. Kolejne osiągnięcia astronomii i kosmologii (odkrycie Drogi Mlecznej oraz pozycji i ruchu Ziemi w naszej galaktyce, odkrycie innych galaktyk w rozszerzającym się Wszechświecie itd.) dokonały kolejnych detronizacji Ziemi, wyznaczając jej rolę mało znaczącej części materii, wśród miliardów innych gwiazd z planetami w naszej galaktyce, we Wszechświecie składającym się z miliardów różnych galaktyk.

Jednakże w pewnym sensie sposób rozumienia miejsca człowieka we Wszechświecie zatoczył koło. Wydaje się bowiem, że w drugiej połowie XX wieku nastąpiła ponowna zmiana. Nie jest to jednak kolejna zmiana

geometryczna, ale zmiana wynikająca z faktu, że w ramach kosmologii antropicznej istnienie człowieka nakłada pewne ograniczenia (czasami nawet dość znaczące) na zakres fizycznych parametrów charakteryzujących Wszechświat, w którym życie mogłoby powstać i ewoluować. Odkryto bowiem zależności zachodzące pomiędzy wartościami fundamentalnych stałych fizycznych a istnieniem człowieka we Wszechświecie. Relacje te wyrażają omówione wcześniej zasady antropiczne, które konstytuują kosmologię antropiczną. Geometrycznie zatem człowiek jest na peryferiach Wszechświata, ale z antropicznego punktu widzenia jego istnienie jest niesamowicie ważne, jeśli chcemy analizować zagadnienia związane z kosmologią antropiczną. Można zatem powiedzieć, że niezależnie od swojego filozoficznego zabarwienia, tak rozumiana kosmologia jest jakąś formą powrotu, nieobecnego długi czas w badaniach przyrodniczych, antropocentryzmu do rozważań o Wszechświecie, rozumianym jako Wszechświat antropiczny. Wydaje się zatem, że zmiana naszej pozycji we Wszechświecie – z marginalnej na, w pewnym sensie, centralną – była inspirowana rozumowaniami opierającymi się na którejs z omówionych wcześniej zasad antropicznych. Sam bowiem fakt istnienia we Wszechświecie białkowych form życia sprawia, że Wszechświat nie może być byle jaki, ale musi być Wszechświatem antropicznym.

Kosmologię antropiczną, o czym była już mowa, konstytuuje wykorzystanie przy konstrukcji modeli kosmologicznych różnych wersji zasad antropicznych. Analizy

związane ze słabą zasadą antropiczną mieszczą się niewątpliwie w ramach rozważań z zakresu filozofii kosmologii w jej rozumieniu jako metodologii kosmologii oraz filozofii pozafizycznych założeń kosmologii (por. rozdz. 1.2). Różnorodne bowiem analizy kosmicznych koincydencji oraz proponowanego ich antropicznego wyjaśnienia prowadzą do metodologicznych rozważań dotyczących procedur eksplanacyjnych, związanych z ich akauzalnością, niededukcyjnością, odwrotnym kierunkiem rozumowania oraz ewentualną tautologicznością (Turek 2014: 187–209).

Analizy roli mocnej zasady antropicznej po części umieścić można również w ramach metodologii kosmologii, gdyż niewątpliwie odnoszą się także do problematyki związanej z wyjaśnianiem antropicznym. Jednakże więcej filozoficznych emocji budzą one w kontekście rozważań z zakresu metafizyki kosmologii oraz filozofii „zagadnień granicznych” kosmologii, gdyż odnoszą się one do prób ontologicznego wyjaśniania kosmicznych koincydencji. Może ono prowadzić do pozostania tylko i wyłącznie w ramach wyjaśniania naturalistycznego (np. w ramach koncepcji nieskończenie wielu światów równoległych może istnieć jeden Wszechświat antropiczny) lub prowadzić do wyjaśniania teistycznego (np. nieskończony Bóg stworzył jeden zamieszkiwany przez nas Wszechświat antropiczny) (Turek 2014: 243–279).

Rozważania dotyczące pozostałych wersji zasad antropicznych (probabilistycznej, ostatecznej oraz partycypacyjnej zasady antropicznej) z pewnością należałoby umieścić również w ramach metafizyki kosmologii oraz

filozofii „zagadnień granicznych” kosmologii, gdyż dotyczyłyby pytań o ostateczny los człowieka we Wszechświecie (ostateczna zasada antropiczna), o aktywną rolę człowieka w ewoluującym Wszechświecie (partycypacyjna zasada antropiczna) oraz np. o konieczność postulowania nieskończonej liczby wszechświatów równoległych dla wyjaśnienia naszego Wszechświata antropicznego (probabilistyczna zasada antropiczna).

Tak więc różne odsłony kosmologii antropicznej w swoim najwęższym rozumieniu, tj. takim, w którym konstytuowałyby ją modele kosmologiczne zgodne z zasadami antropicznymi (słaba kosmologia antropiczna, mocna kosmologia antropiczna, probabilistyczna kosmologia antropiczna, ostateczna kosmologia antropiczna, partycypacyjna kosmologia antropiczna) wymagałyby zróżnicowanych analiz z zakresu filozofii kosmologii. Jednakże najbardziej konkluzywna oraz najmniej dyskusyjna ich część związana byłaby ze słabą kosmologią antropiczną i mieściłaby się w ramach badań z zakresu filozofii w kosmologii (por. rozdz. 1.2).

Także w ramach rozważań z zakresu filozofii kosmologii, rozumianej jako filozofia w kosmologii, należałoby umieścić ważne pytania o ontologię i genezę Wszechświata antropicznego, formułowane w ramach kosmologii antropicznej. W takim kontekście pojawiają się dwie grupy odpowiedzi o charakterze ontologicznym:

- A. istnieje tylko jeden Wszechświat antropiczny i jest nim właśnie ten, w którym żyjemy;

- B. istnieje nieskończona liczba wszechświatów, a my żyjemy w jednym z nich, w którym własności fizyczne są tak dobrane, że pozwalają na istnienie białkowych form życia (w nieskończonym zbiorze wszechświatów równoległych przynajmniej jeden jest Wszechświatem antropicznym).

W każdej z tych grup mówiących o ontologii świata, tj. w (A) i (B), jak się wydaje, istnieją po trzy grupy odpowiedzi na problem genezy Wszechświata antropicznego, tj. precyzyjnego dostrojenia parametrów świata do możliwości zaistnienia i ewolucji białkowych form życia:

- a. przypadek (najmniej ciekawa filozoficznie odpowiedź, która stwierdza, że świat mógłby być inny, ale szczęśliwie dla nas ma odpowiednie własności, aby mogło w nim pojawić się inteligentne życie; gdyby ich nie miał, nie byłoby nas tutaj, aby móc się nad tym zastanawiać; przypadek cieszy się najmniejszą popularnością, gdyż sprawia wrażenie pseudowyjaśnienia, ponieważ ucina wszelką dyskusję na temat genezy Wszechświata antropicznego),
- b. interwencja Boga (tu zachodzi konieczność połączenia rozważań kosmologicznych z teologicznymi i mówi się w tym kontekście o argumentie na rzecz istnienia Boga z delikatnego zestrojenia Wszechświata antropicznego; precyzyjne dopasowanie wszystkich stałych fizycznych i praw fizyki, umożliwiające powstanie i trwanie białkowych

- form życia, nie jest dziełem przypadku, lecz wynikiem działania Stwórcy),
- c. konieczność (filozoficznie bardzo ciekawa możliwość, ale domagająca się dalszych wyjaśnień, tzn. odpowiedzi na pytanie: dlaczego konieczne jest, aby wartości parametrów fundamentalnych były właśnie takie, a nie inne?).

Warto zauważyć, że powyższe charakterystyki różnych możliwości genezy Wszechświata antropicznego (a, b i c) bez jakichkolwiek zmian można by odnieść do postulowanej ontologii jednego Wszechświata antropicznego (A). Jednak w przypadku koncepcji wielu światów równoległych (B) wyjaśnienie mówiące o przypadku (a) można odnieść do przypadkowej genezy wieloświata lub przypadkowej obecności Wszechświata antropicznego w nieskończonym zbiorze światów. Stwórca (b) mógł powołać do istnienia zarówno jeden Wszechświat antropiczny lub nieskończenie wiele wszechświatów, więc nie zachodzi konieczność przeddefiniowywania koncepcji związanych z interwencją Boga (jest to zagadnienie teologiczne, którego rozważania nie będę podejmował się w niniejszym rozdziale). Najciekawsze filozoficznie rozważania związane byłyby z zestawieniem ontologii wieloświatowej (B) z genetyczną jej koniecznością (c). Okazuje się bowiem, że istnieje wiele możliwych dróg prowadzących do produkowania wielu światów, tj. istnieje przynajmniej pięć różnych odpowiedzi na pytanie o konieczność istnienia wieloświata (c) (Heller 2012: 417–429):

- i. można potraktować obserwowalny obszar czasoprzestrzeni każdego obserwatora jako odrębny wszechświat (naszym Wszechświatem antropicznym byłby zatem tylko obszar wewnątrz naszego horyzontu kosmologicznego),
- ii. można zmieniać warunki początkowe równań kosmologicznych lub inne parametry charakteryzujące Wszechświat i założyć, że takie zmienne warunki lub parametry opisują jakiś inny wszechświat,
- iii. można także potraktować wszystkie rozwiązania równań kosmologicznych jako modele rzeczywistych wszechświatów,
- iv. można zmieniać również podstawowe stałe fizyczne lub prawa fizyki oraz przyjąć, że zmiany te prowadzą do innych wszechświatów,
- v. można także rozumieć realistycznie, omówioną wcześniej interpretację mechaniki kwantowej Everta, zgodnie z którą każdy akt pomiaru powoduje rozdzielenie się wszechświata na wiele różnych kopii w taki sposób, że w każdej z nich realizuje się określona wartość wyniku pomiarowego dozwolona przez prawa mechaniki kwantowej.

Jak można zauważyć, najmniej kontrowersyjna jest opcja pierwsza (i), gdyż nie jest niczym dziwnym w kontekście OTW, że różni obserwatorzy mają swoje horyzonty kosmologiczne, a ponadto w jednej nieskończonej (dla modeli kosmologicznych z geometrią płaską i zakrzywioną

ujemnie) czasoprzestrzeni mogłoby istnieć wiele tego typu wszechświatów równoległych. Nie byłoby możliwości przesyłania informacji między nimi ze względu na skończoną prędkość światła, ale wraz z czasem każdy z tych wszechświatów miałby większy horyzont. Z czasem zatem, choćby tylko potencjalnie, światy te z wersji (B) mogłyby zdążyć asymptotycznie do wersji (A). Byłoby to przy powyższej interpretacji rozwiązanie ontologicznie pośrednie między jednym Wszechświatem antropicznym (A) a wieloma wszechświatami równoległymi (B).

Jak się jednak wydaje, najpopularniejsze wśród zwolenników idei wielu światów równoległych są dwie metody ich generowania: związane ze zmianą warunków początkowych (ii) oraz ze zmianą podstawowych stałych fizycznych i praw (iv). W tym wypadku należy jednak poczynić mocne założenie, zgodnie z którym można bez konsekwencji utraty ontologicznej spójności świata dowolnie zmieniać warunki początkowe, stałe fundamentalne lub nawet prawa fizyki, aby otrzymać równie dobrze funkcjonujące wszechświaty jak nasz Wszechświat antropiczny. Warto zaznaczyć, że zmiana warunków początkowych może być mniej problematyczna niż możliwość zmiany stałych fundamentalnych i praw fizyki. Przy zmianie jedynie warunków początkowych możemy bowiem dojść do koncepcji potencjalnie możliwych światów teoretycznych, opisywanych przez różne modele kosmologiczne, którym niekoniecznie należy przypisywać rzeczywiste istnienie. W ten sposób możliwość (ii) może prowadzić do rozważania jedynie potencjalnie możliwych

wszechświatów (B), z których jeden jest Wszechświatem antropicznym (A), a tego typu rozważania kierują nas w stronę opcji (iii). Opcja (iv) byłaby jednakże o tyle problematyczna, że wśród fizyków panuje przekonanie, że z praw teorii będącej uogólnieniem OTW i mechaniki kwantowej da się wyprowadzić wszystkie fundamentalne stałe fizyczne oraz że tego typu teoria ostateczna będzie możliwa tylko jedna. Zatem zmiany fizyki wszechświata sprawiają wrażenie dywagacji o charakterze metafizycznym, będących w mocnym kontraście z programem poszukiwania teorii ostatecznej.

Możliwość generowania światów równoległych w akcie pomiaru (v) może prowadzić do bardzo kontrowersyjnych i mocno metafizycznie zaangażowanych dyskusji związanych z partycypacyjną zasadą antropiczną, której konsekwencje prowadzą do wielu paradoksów. Jeden z nich zawarty jest w pytaniu: czy Wszechświat wytworzył człowieka, czy człowiek skonkretyzował Wszechświat? Tego typu paradoksy mogą odsyłać do rozważań o charakterze teologicznym (Bóg jako byt, który poprzez obserwacje wszechświata konkretyzuje go do Wszechświata antropicznego), którymi nie będziemy zajmować się w ramach niniejszego opracowania.

Pytania o ontologię i genezę Wszechświata antropicznego formułowane w ramach kosmologii antropicznej, a rozważane w ramach opcji jednoświatowej (A), zgodnie z którą istnieje tylko jeden Wszechświat antropiczny i jest nim właśnie ten, w którym żyjemy, można uszczegóławiać także w kontekście problemu warunków

początkowych Wszechświata. Mamy tutaj bowiem dwie możliwości:

- a*. Wszechświat antropiczny zależny od warunków początkowych ewolucji Wszechświata (wyjaśnienie obserwowanej struktury Wszechświata antropicznego poprzez to, jakim był on na samym początku swojej ewolucji).
- b*. Wszechświat antropiczny niezależny od warunków początkowych ewolucji Wszechświata (próby wykazania, że obecna struktura Wszechświata antropicznego jest nieuchronną konsekwencją minionych procesów fizycznych, niezależnie od tego, co było na początku).

Warto zauważyć, że model inflacyjny jest paradygmatycznym przykładem podejścia typu (b*). Jednakże niektóre modele inflacyjne postulują istnienie jednego Wszechświata antropicznego (A), a inne prowadzą do wielu wszechświatów równoległych (B), najczęściej w rozumieniu (i). W tym pierwszym wypadku (A), niezależnie od tego, jak zaczął się Wszechświat, postuluje się, że był w nim jakiś obszar, który uległ inflacji; obszar dostatecznie mały, by oddziaływania między materią a promieniowaniem wygładziły go. Mamy tu zatem do czynienia tylko z pewną fazą przyspieszonej ewolucji inflacyjnej w ramach jednego Wszechświata antropicznego (np. model inflacyjny Gutha). W drugim przypadku (B) mielibyśmy do czynienia z fluktuacjami kwantowymi

próżni, w której co jakiś czas powstają wszechświaty równoległe, gdyż energia pola działa w tych obszarach specyficznie fluktuujących jako efektywna stała kosmologiczna, powodując grawitacyjne odpychanie, co prowadzi do rozszerzania się wszechświata w sposób inflacyjny (np. model chaotycznej inflacji Lindego). Mamy tutaj zatem wspólne podłoże dla wszystkich wszechświatów równoległych, jakim jest fluktuująca kwantowa próżnia, i dlatego modele tego typu zaliczyć można do grupy modeli (i), w których można potraktować obserwowalny obszar czasoprzestrzeni każdego potencjalnego obserwatora jako odrębny wszechświat równoległy.

Modele z zakresu kosmologii kwantowej byłyby natomiast próbami wyjaśnienia obserwowanej struktury Wszechświata antropicznego poprzez to, jakim był on na samym początku swojej ewolucji (a^*). W tym podejściu uczeni prowadzą poszukiwania fundamentalnych praw, które określałyby warunki początkowe dla naszego Wszechświata. Oczywiście chodzi tu o poszukiwania praw przyrody nowego rodzaju, co niewątpliwie związane jest z poszukiwaniami teorii łączącej w sobie ustalenia OTW i mechaniki kwantowej, czyli z poszukiwaniem teorii kwantowej grawitacji. Dość specyficzną próbą w tym względzie jest model Hartle'a-Hawkinga, w ramach którego nasz antropiczny Wszechświat może powstać z niczego na mocy praw fizyki kwantowej, odpowiednio skorelowanych z postulatami ogólnej teorii względności. Mielibyśmy tutaj do czynienia z ciekawą strategią dotyczącą postulowania praw rządzących

warunkami początkowymi Wszechświata. W tym wypadku bowiem prawa te eliminowałyby w ogóle konieczność wyjaśnienia pojawiania się takich warunków początkowych dla naszego Wszechświata antropicznego.

Na zakończenie tej części rozważań dotyczących opozycji jeden czy wiele wszechświatów warto zadać następujące pytanie: czy rozważania wieloświatowe (B) są bardziej konkluzywne od analiz jednoświatowych (A) w kwestii genezy Wszechświata antropicznego? Niestety, nie ma jednoznacznej odpowiedzi na tak postawione filozoficzne pytanie w ramach kosmologii antropicznej. Warto w tym kontekście zdać sobie jednak sprawę z tego, że „wieloświatowe argumenty sprowadzają się do tłumaczenia niewiadomego czymś przynajmniej w równym stopniu niewiadomym” (Heller 2012: 438), a

istnienie wieloświata samo domaga się wyjaśnienia. Można przypuszczać, że jego wyjaśnienie nie będzie wcale łatwiejsze od wyjaśnienia, dlaczego w jednym wszechświecie urzeczywistniły się warunki przyjazne dla życia (Heller 2008: 114).

Wydaje się również, że warto powyższe rozważania uzupełnić o jeszcze inny bardzo ważny ich filozoficzny kontekst. Wiadomo bowiem, że w opracowaniach poświęconych filozofii nauki często pojawiają się różnego rodzaju uwagi dotyczące klasyfikacji nauk (Heller 2020: 27–28). Do proponowania tego rodzaju klasyfikacji używa się kryteriów ontologicznych (przedmiotowych) oraz metodologicznych. Podziału nauk dokonuje się zatem najczęściej według: przedmiotu i metody badań, rodzaju

formułowanych problemów badawczych, zadań i celów, jakie nauki sobie stawiają, oraz stopnia ogólności, abstrakcji i prostoty. Wyróżnia się wtedy nauki: matematyczne, fizyczne, biologiczne, społeczne, stykowe, kompleksowe oraz stosowane (Such, Szcześniak 1997: 46–53).

Omawiając filozoficzne implikacje kosmologii antropicznej, warto zwrócić szczególną uwagę na nauki stykowe oraz kompleksowe. Nauki stykowe (pograniczne) powstają na pograniczu dwóch, trzech czy więcej nauk pokrewnych (np. biofizyka, biochemia, biogeochemia, chemia fizyczna itd.). Nauki kompleksowe natomiast są także stykowe, ale w innym sensie, tzn. próbują one poszukiwać powiązań między naukami często bardzo odległymi od siebie (np. cybernetyka, która powstała na styku nauk teoretycznych i praktycznych, matematycznych i empirycznych, fizycznych i biologicznych, biologicznych i społecznych; nauki kompleksowe to także np.: teoria informacji, teoria komunikacji, ogólna teoria systemów, informatyka).

Powstanie nauk stykowych i kompleksowych należy do bardzo ciekawych procesów naukotwórczych, gdyż jest to zarówno proces integracji, jak i dyferencjacji nauk, tzn. pojawia się nowa dyscyplina naukowa (proces dyferencjacji), która łączy w sobie wiele innych nauk (proces integracji). Z tego rodzaju procesami mamy także do czynienia w przypadku kosmologii antropicznej, gdyż pojawia się tu jedna nowa dyscyplina naukowa, która łączy w sobie wiele innych nauk.

W przypadku kosmologii antropicznej rozumianej wąsko (tj. proponującej modele kosmologiczne zgodne

z zasadą antropiczną) moglibyśmy mówić o nowej nauce stykowej, która byłaby połączeniem dwóch nauk empirycznych przyrodniczych, tj. fizyki (kosmologii) oraz biologii, z przeważającą jednak komponentą nauk fizycznych (element biologiczny sprowadzałby się tylko do określenia minimalnych warunków umożliwiających pojawienie się oraz ewolucję życia bazującego na węglu).

W przypadku kosmologii antropicznej rozumianej szeroko (tj. próbującej powiązać zagadnienia kosmologiczne z antropologicznymi na podstawie różnych nauk szczegółowych: od astrofizyki i geologii, przez chemię i biologię, aż po najszerszej rozumianą antropologię) mielibyśmy raczej do czynienia z nową nauką kompleksową, która byłaby połączeniem wielu pokrewnych nauk empirycznych, zarówno przyrodniczych (fizyka, chemia, biologia itd.), jak i odleglejszych od nich – nauk społecznych oraz humanistycznych (szeroko rozumiana antropologia itp.). Powstanie tego rodzaju nauki kompleksowej byłoby najszerszym projektem integracji nauk wokół ważnego problemu badawczego, jakim niewątpliwie jest miejsce człowieka w obserwowanym przez niego Wszechświecie.

Oczywiście rozważania dotyczące kosmologii antropicznej należałoby także osadzić w jeszcze szerszym, już nie tylko filozoficznym, ale także teologicznym kontekście (odwołania do problematyki teologicznej pojawiały się już wcześniej w niniejszym opracowaniu). Bardzo precyzyjne wkomponowanie ludzkiego istnienia w strukturę naszego Wszechświata podsuwa bowiem skojarzenie z zasadą celowości. Nasuwają się w tym kontekście

pytania w stylu: skąd warunki początkowe wiedziały, jak się zestroić, aby umożliwić nasze zaistnienie? Przy bardzo precyzyjnym ich dostrojeniu do istnienia życia przypadek wydaje się mało prawdopodobny. Warto także podkreślić, że wspomniana wyżej celowość kojarzyć się może z teologicznym argumentem na rzecz istnienia Boga Stwórcy – Inteligentnego Projektanta, dla którego opozycją jest koncepcja wieloświata, tzn. albo należy przyjąć istnienie Boga Stwórcy, który tak zaplanował Wszechświat, byśmy mogli w nim istnieć, albo należy uznać, że istnieje nieskończony zbiór wszystkich możliwych wszechświatów, a my istniejemy w tym szczególnym, gdyż w innych nie moglibyśmy istnieć („z teologicznego punktu widzenia nieskończona liczba wszechświatów nie jest żadną konkurencją w stosunku do idei Boga. (...) Bóg, jako nieskończony, może stwarzać nieskończenie wiele wszechświatów równie dobrze, jak jeden” (Heller 2012: 428)). Warto jednak dodać, że tego rodzaju analizy poświęcone teologicznym implikacjom kosmologii antropicznej wymagałyby znacznie szerszego, osobnego opracowania (tak więc tekst zatytułowany *Teologiczne implikacje kosmologii antropicznej* cały czas czeka na swojego autora).

Bibliografia

- Aguirre, Anthony (2021), *Kosmologiczne koany. Podróż do serca rzeczywistości fizycznej*, przeł. Tomasz Lanczewski, Kraków, Copernicus Center Press.
- Barrow, John D. (1993), „Anthropic Definitions”, *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, 24, s. 146–153.
- Barrow, John D. (2019), *Książka o niczym*, przeł. Łukasz Lamża, Kraków, Copernicus Center Press.
- Barrow, John D. (2013), *Life, the Universe, and the Anthropic Principle. The Cosmos Must be Nearly as we Know it or Life Wouldn't Exist*, The World – I Online.
- Barrow, John D. (2018), *Nowe teorie wszystkiego. W poszukiwaniu ostatecznego wyjaśnienia*, przeł. Radosław Kosarzycki, Kraków, Copernicus Center Press.
- Barrow, John D. (2017), *Stałe natury. O liczbach skrywających najgłębsze tajemnice wszechświata*, tłum. Rafał Śmietana, Kraków, Copernicus Center Press.
- Barrow, John D., Frank J. Tipler (1996), *The Anthropic Cosmological Principle*, Oxford – New York, Oxford University Press.
- Bostrom, Nick (2010), *Anthropic Bias. Observation Selection Effects in Science and Philosophy*, New York – London, Routledge.
- Carter, Brandon (1974), „Large Number Coincidences and the Anthropic Principle in Cosmology”, w: Malcolm S. Longair (red.), *Confrontation of Cosmological Theories with Observational Data*, Dordrecht, Springer, s. 291–298.
- Carter, Brandon (1983), „The Anthropic Principle and its Implications for Biological Evolution”, *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, t. 310 (1512), s. 347–363.

- Chamcham, Khalil, Joseph Silk, John D. Barrow, Simon Saunders (red.) (2017), *The Philosophy of Cosmology*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Davies, Paul (2004), „Multiverse Cosmological Models”, *Modern Physics Letters A*, t. 19, nr 10, s. 727–744.
- Davies, Paul (1996), „Zasada antropiczna”, przeł. Leszek Sokołowski, *Postępy Fizyki*, t. 37, z. 3, s. 213–258.
- Dąbek, Dariusz (2018), *Pozaempiryczne kryteria oceny teorii w kosmologicznej praktyce badawczej*, Lublin, Wydawnictwo KUL.
- Drozdowski, Henryk (2007), *Fizyczny obraz świata*, Poznań, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.
- Eddington, Arthur S. (2006), *Czy wszechświat się rozszerza?* przeł. Aleksander Wundheiler, Jarosław Włodarczyk, Warszawa, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego.
- Grabowski, Marian (1993), *Elementy filozofii nauki*, Toruń, Wydawnictwo Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.
- Gribbin, John (2010), *W poszukiwaniu multiświata*, przeł. Janusz Popowski, Warszawa, Prószyński Media.
- Grobler, Adam (2006), *Metodologia nauk*, Kraków, Wydawnictwo Aureus – Wydawnictwo Znak.
- Grygiel, Wojciech P. (2021), *Jak scena stała się dramatem. Filozofia w kontekście teorii względności*, Kraków, Copernicus Center Press.
- Grygiel, Wojciech P. (2020), *Stephena Hawkinga i Rogera Penrose’a spór o rzeczywistość*, Kraków, Copernicus Center Press.
- Guth, Alan (2000), *Wszechświat inflacyjny. W poszukiwaniu nowej teorii pochodzenia Kosmosu*, przeł. Ewa Łokos, Bogumił Bieniak, Warszawa, Prószyński i S-ka.
- Hajduk, Zygmunt (2011), *Ogólna metodologia nauk*, Lublin, Wydawnictwo KUL.
- Hawking, Stephen, Leonard Mlodinow (2007), *Jeszcze krótsza historia czasu*, przeł. Jacek Bieroń, Poznań, Wydawnictwo Zysk i S-ka.
- Hawking, Stephen, Leonard Mlodinow (2019), *Wielki projekt*, przeł. Jarosław Włodarczyk, Warszawa, Wydawnictwo Albatros.
- Heller, Michał (2016), *Elementy mechaniki kwantowej dla filozofów*, Kraków, Copernicus Center Press.
- Heller, Michał (2006), *Filozofia i wszechświat. Wybór pism*, Kraków, Universitas.

- Heller, Michał (2020), *Filozofia nauki*, Kraków, Copernicus Center Press.
- Heller, Michał (2013), *Filozofia kosmologii. Wprowadzenie*, Kraków, Copernicus Center Press.
- Heller, Michał (2001), *Kosmologia kwantowa*, Warszawa, Prószyński i S-ka.
- Heller, Michał (2021), *Nieskończenie wiele wszechświatów. Od Einsteina do nieskończoności*, Kraków, Copernicus Center Press.
- Heller, Michał (2008), *Ostateczne wyjaśnienia wszechświata*, Kraków, Universitas.
- Heller, Michał (1978), „Uwagi o metodologii kosmologii”, *Roczniki Filozoficzne*, t. XXVI, z. 3, s. 65–75.
- Heller, Michał, T. Pabjan (2014), *Elementy filozofii przyrody*, Kraków, Copernicus Center Press.
- Hellerman, Simeon, Johannes Walcher (2005), „Dark Matter and the Anthropic Principle”, *Physical Review D*, t. 72, s. 123520-1–123520-5.
- Holder, Rodney (2001), „Fine-Tuning, Many Universe, and Design”, *Science and Christian Belief*, t. 13, s. 5–24.
- Kallos, Renata, Andrei Linde (2003), „M Theory, Cosmological Constant, and Anthropic Principle”, *Physical Review D*, t. 67, s. 023510-1–023510-7.
- Kiefer, Claus (2020), *Kwantowy kosmos. Od wczesnego świata do rozszerzającego się uniwersum*, przeł. Michał Tęcza, Kraków, Copernicus Center Press.
- Koperski, Jeffrey (2005), „Should We Care about Fine-Tuning?”, *The British Journal for the Philosophy of Science*, t. 56, nr 2, s. 303–319.
- Lamza, Łukasz (2015), *Granice kosmosu – granice kosmologii*, Kraków, Copernicus Center Press.
- Leciejewski, Sławomir (2011), „Antropizm w kosmologii (od wielkich liczb do idei multiświata)”, *Roczniki Filozoficzne*, t. LIX, nr 2, s. 165–188.
- Leciejewski, Sławomir (2013), *Cyfrowa rewolucja w badaniach eksperymentalnych. Studium metodologiczno-filozoficzne*, Poznań, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.
- Leciejewski, Sławomir (2010), „Kategoria nicości w kosmologii kwantowej”, w: Piotr Orlik (red.), *Wobec nicości*, Poznań, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Filozofii UAM, s. 189–208.

- Leciejewski, Sławomir (2007), *Rola zasad antropicznych w rozwoju współczesnej kosmologii. Studium metodologiczne*, Poznań, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Filozofii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.
- Lemańska, Anna (red.) (2010), *Filozoficzne i naukowo-przyrodnicze elementy obrazu świata*, t. 8, Warszawa, Wydawnictwo Uniwersytetu Kardynała Stefana Wyszyńskiego.
- Liddle, Andres (2000), *Wprowadzenie do kosmologii współczesnej*, przeł. Ewa L. Łokos, Bogumił Bieniok, Warszawa, Prószyński i S-ka SA.
- Longo, Oddone (1993), „Anthropic Principle and Ancient Science”, w: Francesco Bertola, Umberto Curi (red.), *The Anthropic Principle, Proceedings of the Second Venice Conference on Cosmology and Philosophy*, Cambridge, Cambridge University Press, s. 17–25.
- McMullin, Ernan (1993), „Indifference Principle and Anthropic Principle in Cosmology”, *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, t. 24, nr 3, s. 359–389.
- Monton, Bradley (2006), „God, Fine-Tuning, and the Problem of Old Evidence”, *The British Journal for the Philosophy of Science*, t. 57, nr 2, s. 405–424.
- Musser, George (2018), *Upiorne działanie na odległość i jego wpływ na czarne dziury, Wielki Wybuch i teorię wszystkiego*, przeł. Łukasz Lamża, Kraków, Copernicus Center Press.
- North, Jorn (1997), *Historia astronomii i kosmologii*, przeł. Tadeusz i Tamara Dworak, Katowice, Wydawnictwo „Książnica”.
- Pabjan, Tadeusz (2014), *Niedomknięty bilans wszechświata*, Kraków, Copernicus Center Press.
- Penrose, Roger (2011), *Cykle czasu. Nowy niezwykły obraz Wszechświata*, przeł. Bogumił Bieniok, Ewa L. Łokos, Warszawa, Prószyński Media.
- Penrose, Roger (2017), *Moda, wiara i fantazja w nowej fizyce Wszechświata*, przeł. Łukasz Lamża, Tomasz Miller, Kraków, Copernicus Center Press.
- Rudnicki, Konrad (1995), *The Cosmological Principles*, Kraków, Uniwersytet Jagielloński.
- Sady, Wojciech (2000), *Spór o racjonalność naukową od Poincarego do Laudana*, Wrocław, Wydawnictwo Funna.

- Smeenk, Chris (2013), „Philosophy of Cosmology”, w: Robert Batterman (red.), *Oxford Handbook of Philosophy of Physics*, Oxford, Oxford University Press, s. 607–652.
- Smolin, Lee (1997), *Life of the Cosmos*, New York, Oxford University Press.
- Such, Jan, Małgorzata Szcześniak (1997), *Filozofia nauki*, Poznań, Wydawnictwo Naukowe UAM.
- Such, Jan, Małgorzata Szcześniak, Antoni Szczuciński (1998), *Filozofia kosmologii*, Poznań, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Filozofii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu.
- Turek, Józef (1993), „Czynnik empiryczny w teoriach kosmologicznych”, *Roczniki Filozoficzne*, t. XLI, z. 3, s. 5–47.
- Turek, Józef (2009), *Filozoficzne interpretacje faktów naukowych*, Lublin, Wydawnictwo KUL.
- Turek, Józef (2014), *Kosmiczne koincydencje. Proponowane wyjaśnienia*, Lublin, Wydawnictwo KUL.
- Turek, Józef (2006), „Wyjaśnianie antropiczne w kosmologii”, *Roczniki Filozoficzne*, t. LIV, nr 2, s. 267–298.
- Zinkernagel, Henrik (2014), „Philosophical Aspects of Modern Cosmology”, *Studies in History and Philosophy of Science Part B*, t. 46, s. 1–4.
- Życiński, Józef (1999–2001), „The Design and Necessity: A New Cosmological Basis for the Classical Argument”, *Organon*, t. 28–30, s. 35–48.

Streszczenie

W DRUGIEJ POŁOWIE XX WIEKU badania z zakresu kosmologii naukowej zaczęto odnosić do faktu istnienia białkowych form życia na jednej z planet. Relacje zachodzące między strukturą, rozwojem i pochodzeniem Wszechświata a możliwością zaistnienia i trwania życia zaczęto ujmować w różne wersje zasad antropicznych. Wszechświat zaś, w którym możliwe było powstanie oraz ewolucja białkowych form życia, nazywano Wszechświatem antropicznym. Tym samym dotychczasowe trójczłonowe pole badawcze kosmologii (struktura, rozwój i pochodzenie Wszechświata) zostało uzupełnione o człon czwarty – pochodzenie życia we Wszechświecie. Innymi słowy kosmologia antropiczna próbowałaby nie tylko rekonstruować i opisywać strukturę, rozwój i pochodzenie Wszechświata, ale także mówiłaby o pochodzeniu i możliwości ewolucji życia we Wszechświecie. Nurt antropiczny w kosmologii pojawił się także jako próba rozwiązania trudności, które pojawiły się w kosmologii lat siedemdziesiątych XX wieku. Wiele problemów, jakie napotkał standardowy model kosmologiczny, inspirowało

do poszukiwania nowych sposobów analizy zagadnień kosmologicznych. Zaowocowało to pojawieniem się tzw. wyjaśniania antropicznego, które ufundowało kosmologię antropiczną.

Celem książki było ogólne wprowadzenie w wybrane zagadnienia związane z bardzo szeroką dziedziną badań, osadzoną na pograniczu filozofii oraz kosmologii. W pierwszym rozdziale przedstawiony został naukowy oraz filozoficzny wymiar kosmologii. W drugim omówione zostały kosmiczne koincydencje, kosmiczny kontekst życia oraz przypomniane zostały podstawowe sformułowania zasad antropicznych. W kończącym pracę rozdziale trzecim określono, w jaki sposób można współcześnie rozumieć kosmologię antropiczną oraz zakreślono podstawowe jej filozoficzne implikacje.

Słowa kluczowe: filozofia kosmologii, filozofia nauki, kosmologia relatywistyczna, kosmologia antropiczna, zasady antropiczne.

Summary

The Philosophy of Antropic Cosmology

IN THE SECOND HALF OF THE 20TH CENTURY, research in the field of scientific cosmology began to focus on the fact that protein life forms existed on one of the planets. The relations between, on the one hand, the structure, development and origin of the universe and, on the other, the possibility of the existence and duration of life, started to be described in different versions of anthropic principles. The universe in which the emergence and evolution of protein life forms was possible came to be called the anthropic universe. Thus, the hitherto three-part research field of cosmology (the structure, development and origin of the universe) was supplemented with a fourth component: the origin of life in the universe. In other words, anthropic cosmology would attempt not only to reconstruct and describe the structure, development and origin of the universe, but it would also discuss the origin and possibility of the evolution of life in this universe. The anthropic current in cosmology also emerged as part

of an attempt to resolve the difficulties that arose in the cosmology of the 1970s. The many problems encountered by the standard cosmological model inspired a search for new ways of analysing cosmological issues. This resulted in the emergence of so-called anthropic explanation, which formed the basis of anthropic cosmology.

The aim of the book is to provide a general introduction to selected issues connected with a very broad field of research located on the borderline between philosophy and cosmology. The first chapter will present the scientific and philosophical dimensions of cosmology. In the second chapter, cosmic coincidences and the cosmic context of life will be discussed, and the basic formulations of the anthropic principle will be reviewed. The concluding third chapter will identify how anthropic cosmology can be understood today, before outlining its basic philosophical implications.

Keywords: philosophy of cosmology, philosophy of science, relativistic cosmology, anthropic cosmology, anthropic principle.