

ANNA LEMAŃSKA

SPÓR O NIESKOŃCZONOŚĆ KOSMOSU

Nocne niebo zapewne zawsze fascynowało i pobudzało wyobraźnię ludzi. Regularne ruchy Słońca, Księżyca czy całego sklepienia gwiazd, a także odstępstwa od tej harmonii niektórych obiektów astronomicznych prowokowały do tworzenia wyobrażeń Kosmosu i określania natury oraz własności trzech podstawowych kategorii ściśle związanych z Wszechświatem, a mianowicie materii, czasu i przestrzeni. W szczególności zadawano następujące pytania: czy materia bądź pierwotne tworzywo, z którego jest zbudowany Wszechświat, jest niewyczerpywalna? czy ilość materii we Wszechświecie jest skończona? czy materia daje się dzielić w nieskończoność? czy ilość poziomów organizacji materii jest skończona i czy istnieje jakiś fundamentalny poziom organizacji materii? czy Wszechświat miał początek lub będzie miał koniec, czy też trwa wiecznie? czy wieczność mierzy się czasem? czy czas miał początek, czy jest liniowy, czy też cykliczny, a jeżeli jest cykliczny, to czy liczba cykli jest skończona czy nieskończona? czy czas można dzielić na dowolnie małe odcinki? czy przestrzeń jest skończona czy nieskończona? czy przestrzeń można dzielić w nieskończoność? czy Wszechświat jest skończony przestrzennie?¹

Na powyższe pytania udzielano w przeszłości rozmaitych odpowiedzi. W części z nich pojawiały się różnego rodzaju nieskończoności odnoszące się do materii lub do czasu czy przestrzeni. Spory wokół nieskończoności Wszechświata nie przebrzmiały wraz z rozwojem nauk przyrodniczych,

Dr hab. ANNA LEMAŃSKA, prof. UKSW – Katedra Filozofii Przyrody, Instytut Filozofii, Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego; adres do korespondencji: ul. Wóycickiego 1/3, 01-938 Warszawa; e-mail: a.lemanska@uksw.edu.pl

¹ Por. J. Such, M. Szczesniak, A. Szczuciński, *Filozofia kosmologii*, Poznań: IF UAM 1998, s. 150-153; J.D. Barrow, *Księga nieskończoności. Krótki przewodnik po tym, co nieograniczone, ponadczasowe i bez końca*, tł. z ang. T. Krzysztóń, Warszawa: Prószyński i S-ka 2008, s. 11.

a nabrały nowych znaczeń. Dlatego listę pytań warto poszerzyć o następujące nasuwające się w trakcie analizy teorii fizyki: czy wartości parametrów fizycznych są ograniczone? czy istnieją w przyrodzie maksymalne: prędkość, gęstość materii, temperatura itp., czy też mogą one przyjmować dowolnie duże wartości?

Książd Profesor Józef Turek w swoich pracach wielokrotnie podejmował zagadnienia dotyczące początków Wszechświata, zasady antropicznej, nieskończoności Wszechświata, poszukiwał również implikacji filozoficznych wynikających z modeli kosmologicznych². W artykule podejmuję próbę zarysowania zagadnień związanych z jednym z nurtów zainteresowań ks. Turka, a mianowicie „sporu o nieskończoność” Kosmosu.

Problemy z nieskończonością pojawiają się już na poziomie próby określenia tego pojęcia. Nie jest to bowiem pojęcie jednoznaczne, może oznaczać to, co jest bezgraniczne, nieograniczone, niewyczerpywalne, przekraczające to, co skończone, zawierające niepoliczalną ilość elementów, transcendujące to, co jest w jakiś sposób dostępne. Pojęcie nieskończoności jako przekroczenie skończonego wydaje się wyrastać z naszego potocznego doświadczenia: to, co skończone, to z reguły jakaś niewielka liczba rzeczy; gdy mamy do czynienia z coraz większą ich liczbą, na przykład gwiazd na niebie czy ziaren piasku na plaży, to ich policzenie praktycznie przestaje być możliwe. To doświadczenie pozwala uzyskać wyobrażenie nieskończoności.

² Zob. np. prace ks. prof. J. Turka: *Kosmologia Alberta Einsteina i jej filozoficzne uwarunkowania*, Lublin: RW KUL 1982; *Osobliwość początkowa a kreacjonizm w ujęciu Georges Lemaître'a*, „Studia Warmińskie” 19 (1982), s. 435-448; *Wkład Georges Lemaître'a w kształtowanie się dynamicznej wizji Wszechświata*, „Roczniki Filozoficzne” 33 (1985), z. 3, s. 59-74; *Tomaszowe ujęcie nieskończoności Wszechświata a współczesna kosmologia*, „Roczniki Filozoficzne” 34 (1986), z. 3, s. 103-125; *Założenia problematyki nieskończoności Wszechświata w kosmologii Robertsona-Walkera*, „Roczniki Filozoficzne” 37-38 (1989-1990), z. 3, s. 23-51; *Wszechświat czasowo nieskończony i stworzony*, „Studia Warmińskie” 28 (1991), s. 217-233; *Czynnik empiryczny w teoriach kosmologicznych*, „Roczniki Filozoficzne” 40 (1993), z. 3, s. 5-47; *Wszechświat dynamiczny. Rewolucja naukowa w kosmologii*, Lublin: RW KUL 1995; *Geneza idei dynamicznego Wszechświata*, „Roczniki Filozoficzne” 50 (2002), z. 3, s. 135-142; *Filozofia kosmologii – zarys problematyki*, „Roczniki Filozoficzne” 53 (2005), z. 2, s. 269-308; *Możliwości wyjaśnienia kosmicznych koincydencji w ramach wheelerowskiej wersji Hipotezy Wielu Wszechświatów*, „Filozofia Nauki” 14 (2006), nr 1, s. 129-147; *Wyjaśnienie antropiczne w kosmologii*, „Roczniki Filozoficzne” 54 (2006), nr 2, s. 267-298; *Kosmologiczny kontekst formułowanych współcześnie argumentów teistycznych*, „Roczniki Filozoficzne” 56 (2008), nr 1, s. 295-313; *Wybór praw i warunków początkowych we współczesnych teoriach kosmologicznych a celowość Wszechświata*, [w:] *Spór o cel. Problematyka celu i celowościowego wyjaśniania*, red. W. Maryniarczyk, K. Stępień, P. Gondek, Lublin: Polskie Towarzystwo Tomasza z Akwinu 2008, s. 345-375; *Kosmiczne uwarunkowania ewolucji biologicznej*, „Forum Teologiczne” 9 (2008), s. 55-68.

Zarazem nieskończoność jako radykalne przeciwieństwo skończonego może mieć również znaczenie negatywne, gdyż nieskończoność nie posiada żadnych dających się pozytywnie wyrazić cech, nie może być bezpośrednio doświadczana, a tylko poznana rozumowo³.

A. Einstein rozróżnia nieskończoność od nieograniczoności. Przestrzeń jest nieskończona, gdy zawiera się w niej nieskończona liczba jednostek przestrzennych, natomiast jest nieograniczona, gdy żaden jej punkt nie jest topologicznie wyróżniony, tzn. przestrzeń nie ma punktów brzegowych czy granicznych⁴. To rozróżnienie jest istotne przy badaniu własności współczesnych modeli kosmologicznych.

Nieskończoność pojawia się już w pierwszych systemach filozoficznych. Dla Anaksymandra nieskończoność jest przeciwieństwem tego, co skończone. Według niego apeiron (gr. ἄπειρον) – zasada rzeczywistości, z której powstają wszystkie światy – jest nieokreślony, bezgraniczny, niewyczerpywalny. W apeironie zawarte też są wszystkie przeciwieństwa: „apeiron jest nieokreśloną masą, stanowiącą nieskończony i niewyczerpany zapas tworzywa, z którego powstają wszelkie rzeczy w wyniku wiecznego ruchu, który powoduje wyłanianie się przeciwieństw”⁵. Według Anaksymandra zatem nieskończone jest „tworzywo” świata, a ruch jest wieczny, dlatego i Wszechświat jest nieskończony i wieczny.

Również inni filozofowie przyjmują, że świat bądź jego tworzywo czy jakieś elementy są nieskończone. Na przykład Anaksymenes wprowadzie za zasadę rzeczy uznaje powietrze – a więc konkretny materiał – ale traktuje je jako ilościowo nieograniczone. Świat, według niego, jest bezkresny, a ruch wieczny. Dla Anaksagorasa z Klazomenai wszystkie rzeczy są nieskończenie podzielne, wszystko jest we wszystkim, nie ma rzeczy ani największej, ani najmniejszej⁶.

Nieskończoność pojawia się również w koncepcji atomistów. Według nich istnieją tylko atomy i próżnia. Atomy są niepodzielne i wieczne, a świat jest złożony z nieskończonej liczby elementów. Próżnia warunkuje ruch atomów. Przestrzeń jest pusta, gdyż inaczej nie byłby możliwy ruch atomów, jest też nieskończona, bo nie mogłaby pomieścić nieskończonej ilości atomów.

³ M.A. Парнюк (ред.), *Конечное и бесконечное*, Киев: Наукова Думка 1982, s. 16-17.

⁴ Zob. M. Heller, *Ewolucja Kosmosu i kosmologii*, „Urania” (1978), nr 2, http://postepy.camk.edu.pl/urania/u2_1978-a1.html.

⁵ S. Swieżawski, *Dzieje europejskiej filozofii klasycznej*, Warszawa–Wrocław: PWN 2000, s. 15.

⁶ Tamże, s. 38-39.

Wydaje się, że dla pierwszych filozofów niewyczerpywalność, nieograniczoność były koniecznymi atrybutami pierwotnego tworzywa rzeczywistości. Rzeczywistość otaczająca człowieka jest bowiem złożona i różnorodna. Ponieważ składa się na nią wielość przedmiotów, więc tworzywo też musi być nieograniczone, niewyczerpywalne. U początków filozofii próba zrozumienia świata odwołuje się zatem do nieskończoności, mimo że doświadczamy tego, co skończone. Nieskończoność jako niezbędny, konieczny atrybut rzeczywistości pojawia się w poglądach m.in. Anaksymenesa, Heraklita, Empedoklesa, atomistów. Mamy tu do czynienia z nieskończonym ruchem, czasem, przestrzenią, niektórzy filozofowie uważają, że istnieje nieskończona ilość światów. Zwłaszcza nieskończoność czasu bądź wieczność świata występuje właściwie prawie we wszystkich koncepcjach. Z reguły czas jest traktowany jako cykliczny, chociaż według Heraklita czas nie ma początku, Parmenides zaś eliminuje ze swej ontologii czas, gdyż twierdzi, że zmiany są niemożliwe⁷.

„Pozytywne” ujmowanie nieskończoności nie jest jednak jedyne. Pitagorejczycy, a następnie Platon nieskończoność traktują jako zbliżoną do niebytu, jako próżnię czy chaos⁸. Dla pitagorejczyków apeiron jest czymś „odrażającym”, gdyż to, co dobre, musi być harmonijne i mieć granice. Apeiron zaś jest ciemną, bezkresną pustką poza widzialnymi niebiosami, jest bezsensowny, chaotyczny, niezdeterminowany, bez żadnej struktury, czeka na nałożenie granic. Dzięki warunkom narzuconym na apeiron powstaje świat ustrukturalizowany, harmonijny, którego części są złączone i który jest ograniczony i skończony⁹. Mimo nieufności w stosunku do nieskończoności pitagorejczycy uznają, że istnieje niezliczona liczba światów.

Według Platona Wszechświat został zbudowany przez Demiurga z pierwotnego substratu, a czas został stworzony wraz ze światem. Wszechświat nie jest zatem odwieczny, miał początek czasowy, jest również przestrzennie ograniczony. Dla Platona jednak tworzywo, z którego Demiurg zbudował Wszechświat, jest wieczne, podobnie jak wieczny jest świat idei.

Odwołanie do nieskończoności wyjaśniało niektóre z własności Wszechświata, zarazem jednak stwarzało trudności. Na przykład na paradoksy Zenona z Elei można patrzeć jak na antynomie ujawniające rozmaite problemy dotyczące istnienia nieskończoności. Toteż należało dokonać pogłębionej analizy pojęcia nieskończoności. Podjął się tego Arystoteles. Jego poglądy

⁷ P. Turetzky, *Time*, London–New York: Routledge 1998, s. 8-10.

⁸ Парнюк (ред.), *Конечное и бесконечное*, s. 18-19.

⁹ A.W. Moore, *The Infinite*, London–New York: Routledge 1990, s. 19-20.

zaważyły w istotny sposób na traktowaniu nieskończoności w starożytności i średniowieczu. Dla Arystotelesa „nieskończoność jest to to, czego nie można przebiec, ponieważ natura jego na to nie pozwala (odpowiada to znaczeniu, w jakim głos jest «niewidzialny»), albo to, co wprawdzie można przebiec, ale nie ma kresu, albo to, co z trudem można przebiec, albo to, co z natury swej może być przebiegnięte, ale się nie da przebiec, albo nie ma końca. Istnieje jeszcze nieskończone przez dodawanie albo odejmowanie, albo przez jedno i drugie”¹⁰. Arystoteles odróżnia nieskończoność co do podziału od nieskończoności co do granic, krańców czy dodawania; nieskończoność aktualną od nieskończoności potencjalnej. Zwłaszcza to drugie rozróżnienie miało daleko idące konsekwencje, gdyż Arystoteles odrzuca możliwość istnienia nieskończoności aktualnej. Uzasadnia to tym, że nieskończoność nie może być zasadą rzeczy ani odnosić się do wielości rzeczy, nie może też być pojedynczą rzeczą¹¹. Dopuszcza jednak istnienie nieskończoności potencjalnej, mianowicie czas jest nieskończony przez dodawanie i podział, a materia jest nieskończenie podzielna. Również ciągle powstawanie i giniecie nowych rzeczy wymaga nieskończonej „dostawy” materii. Co więcej, wszystko, co jest skończone, jest ograniczane przez coś innego, nie istnieje zatem jakaś ostateczna granica. W matematyce zarówno ciąg liczb naturalnych, jak i przestrzeń są potencjalnie nieskończone¹². Dopuszczenie możliwości istnienia nieskończoności potencjalnej i odrzucenie istnienia nieskończoności aktualnej miało rozwiązać trudności, które niosło ze sobą pojęcie nieskończoności i które ujawniły paradoksy Zenona z Elei. Należy jednak podkreślić, że mimo odrzucenia istnienia aktualnej nieskończoności Arystoteles, przeciwnie niż Platon, przyjmuje, że świat jest wieczny, choć przestrzennie ograniczony sferą gwiazd stałych.

W astronomii starożytnej konstruowano „modele” Wszechświata, mające na celu zrozumienie świata, tego, jak działa i jak jest zbudowany. Tworzono również często bardzo skomplikowane, złożone ze sfer i kół konstrukcje teoretyczne, służące do dokonywania przewidywań i pozwalające śledzić ruchy „ciał niebieskich”, co było ważne dla rolnictwa, kultu religijnego itp., a więc miało znaczenie praktyczne.

Jednym z takich modeli był geocentryczny system Eudoksosa. Warto dodać, że w starożytności tworzono też systemy heliocentryczne¹³. Arysto-

¹⁰ Arystoteles, *Metafizyka* 1066 a/b, tł. K. Leśniak, Warszawa: WN PWN 2009.

¹¹ Moore, *The Infinite*, s. 36-37.

¹² Tamże, s. 38-39.

¹³ Tego typu model skonstruował Arystarch z Samos.

teles przyjmuje system planetarny Eudoksosa. Według Arystotelesa Ziemia jest „centrum ogromnego mechanizmu zegarowego zbudowanego z co najmniej 56 sfer. Zewnętrzna sfera utrzymywała na swej powierzchni gwiazdy stałe i obracała się jednostajnie przez całą wieczność. Przekazywała też jednocześnie swój ruch obrotowy różnym niższym sferom, te zaś z kolei nadawały ruch planetom”¹⁴.

System geocentryczny Eudoksosa nie był jednak zgodny z obserwacjami różnej jasności planet. W modelu Eudoksosa Słońce, Księżyc i planety krążą po orbitach kolistych wokół Ziemi. Stąd wynika, że odległości planet od Ziemi są stałe, ich jasności zatem również powinny być niezmiennie. System Eudoksosa udoskonalił Apoloniusz z Pergii przez wprowadzenie epicykli: planeta nie pozostaje na okręgu swojej sfery, lecz porusza się po mniejszym okręgu – epicyklu, którego środek jest „przymocowany” do obracającej się sfery. Ten model pozostawał w zgodzie z obserwacją zmiennej jasności planet, wyjaśniał również wsteczny ruch planet po nieboskłonie.

Najdoskonalszym systemem starożytności była konstrukcja Ptolomeusza. Jest to również system geocentryczny. Tworzy go skomplikowany układ sfer, deferensów, epicykli, potrzebny do tego, by dokonywać zgodnych z obserwacjami przewidywań położenia obiektów astronomicznych. Wszechświat Ptolomeusza był zatem skończony, ograniczony i zamknięty poruszającą się sferą gwiazd stałych. Ruch tej sfery stanowił zarazem argument za skończonością Wszechświata, co więcej za stosunkowo małymi jego rozmiarami.

Refleksja teologiczna zwłaszcza związana z religią chrześcijańską wnosi nowe elementy do problematyki nieskończoności. W filozofii następuje przewartościowanie zainteresowań ze świata doczesnego na sprawy wieczne. Nieskończoność zostaje odniesiona do Bytu Absolutnego – Boga – i nabiera wyraźnie charakteru metafizycznego. Bóg, w przeciwieństwie do świata, jest nieskończony, odwieczny, nieogarniony. Ponieważ pojawia się koncepcja stworzenia świata materialnego z niczego, nie ma potrzeby odwoływania się do jakiegoś odwiecznego, niewyczerpywalnego prątworka. Nieskończoność została przypisana Bogu, dlatego staje się nieskończonością aktualną i uzyskuje charakter absolutny¹⁵.

¹⁴ J. Baryszew, P. Teerikorpi, *Wszechświat. Poznawanie kosmicznego ładu*, tł. z ang. K. Włodarczyk, Kraków: WAM 2005, s. 33.

¹⁵ Парнюк (ред.), *Конечное и бесконечное*, s. 38.

Według św. Augustyna Bóg jest aktualnie nieskończony i transcendentny, ale zarazem nieskończoność Boga jest dla nas niepojęta¹⁶. Bóg jest wieczny, co jednak nie oznacza trwania w nieskończonym czasie, gdyż czas również został stworzony razem ze światem. Św. Augustyna koncepcja wieczności i stworzonego czasu nie wikła się w trudności powstające, gdy uznaje się, że czas jest nieskończony, a świat miał początek czasowy. Tracą bowiem sens pytania, dlaczego Bóg stworzył świat w tym akurat momencie, co robił Bóg przed stworzeniem świata, na które nie ma odpowiedzi. Z kolei nieskończona przeszłość Wszechświata jest źródłem paradoksów, gdyż mamy do czynienia z asymetrią w naszych intuicjach związanych z wyobrażaniem sobie kogoś nieskończenie starego i kogoś, kto ma przed sobą nieskończoną przyszłość. Ktoś, przed kim jest perspektywa nieskończonej przyszłości, może podawać kolejne cyfry dziesiętnego rozwinięcia liczby π . Natomiast niezmiernie zdziwiłby nas ktoś, wchodzący do pomieszczenia, w którym się znajdujemy, ze słowami: „Pięć, jeden, cztery, jeden, trzy. Skończyłem”, a zapytany, co skończył, odpowiedziałby, że recytowanie od końca pełnego rozwinięcia dziesiętnego liczby π , co robił przez całą wieczność¹⁷.

Św. Augustyn omija te trudności przez uznanie, że stworzenie świata nie nastąpiło w czasie, ale wraz z czasem. Bóg został usytuowany poza czasem. Wieczność jest odmienna od trwania czasowego, gdyż w wieczności jest tylko teraz, nie ma wcześniej i później. Co więcej, Wszechświat jest czasowo skończony.

Dla św. Tomasza z Akwinu nieskończony jest tylko Bóg, który jest samoistniejszy i doskonały. To, co jest stworzone, jest ograniczone, nie może być nieskończone. Również w matematyce nie ma aktualnej nieskończoności ani co do rozmiaru, ani co do ilości, możliwa jest tylko nieskończoność potencjalna¹⁸.

Św. Tomasz wieczność traktuje jako jednoczesność istnienia całości bytu bez początku i końca. Takie rozumienie wieczności wyklucza następstwo jakichkolwiek stanów, toteż i akt stwórczy, według Akwinaty, wykracza poza czas, przestrzeń, świat, zachodzi poza czasoprzestrzeń, jest ahistoryczny, nie podlega żadnym zmianom czasu i miejsca, jest „poza mierzalnym czasem i mierzalną przestrzenią”¹⁹. Św. Tomasz podkreśla, że „moment,

¹⁶ W szczególności Bóg zna całość liczb naturalnych (More, *The Infinite*, s. 46-47).

¹⁷ Tamże, s. 44.

¹⁸ Tamże, s. 48-49.

¹⁹ K. Klokowski, *Filozofia ewolucji i filozofia stwarzania*, t. II, Warszawa: Wydawnictwo ATK 1999, s. 44.

w którym zaczął się świat, nie był czasem; był jednak związany z czasem *aliquid temporis*, mianowicie jako granica czasu, a nie jako jego część²⁰.

Mikołaj z Kuzy opisywał nieskończoność jako Boga, jako prawdę, jako Absolutne Maksimum. Zwracał jednak uwagę na to, że każde z tych określeń zawiera w sobie jakąś sprzeczność, negację. Musimy zatem pogodzić się z tym, że nieskończoności nie jesteśmy w stanie pojąć, uchwycić. Niemniej skończone rzeczy są częściowym „ukazaniem się” nieskończoności. Toteż świat jest skończony z punktu widzenia Boga, ale dla nas świat nie ma zewnętrznych granic, jest więc nieskończony. Ziemia nie jest centrum ograniczonego świata, gdyż świat nie ma środka lub raczej środek jest wszędzie²¹.

W głównym nurcie filozoficznej myśli średniowiecznej, już chrześcijańskiej, przyjmowano wizję Kosmosu ograniczonego sferą gwiazd stałych i czasowo skończonego. Podawano też różne argumenty za skończonym trwaniem Wszechświata – że, na przykład, gdyby świat istniał wiecznie, to mogło zostać stworzonych nieskończenie wiele dusz, co wydawało się sprzeczne²². W średniowieczu nieskończoność jest przypisywana Bogu, a nie światu i nawet u Mikołaja z Kuzy świat dla Boga jest ograniczony.

Zasadnicza zmiana w widzeniu Kosmosu następuje w czasach nowożytnych. Podstawy nowego spojrzenia na Wszechświat stworzył Mikołaj Kopernik. Wprawdzie był on pod wyraźnym wpływem idei platońskich o doskonałości świata i ruchu, toteż jego model charakteryzuje doskonałość i harmonia, przejawiająca się w ruchu po okręgach, istnieniu sfer, sferyczności Ziemi i całego Wszechświata, lecz model ten zrywa ostatecznie z Arystotelesowskim podziałem na dwa zasadniczo odmienne światy: podksiężycowy i nadksiężycowy. W modelu Kopernika ciągle jeszcze istnieje sfera gwiazd stałych, ograniczająca przestrzennie Wszechświat, ale następuje znaczne jej poszerzenie. Powiększenie sfery gwiazd stałych było potrzebne Kopernikowi do wyjaśnienia, dlaczego, jeżeli Ziemia krąży wokół Słońca, nie obserwuje się paralaksy. Średnica Wszechświata zostaje powiększona przynajmniej dwa tysiące razy w stosunku do tego, co przyjmowano w średniowieczu²³. Dla Kopernika, przeciwnie niż w dotychczasowych modelach, sfera gwiazd stałych jest nieruchoma. Jeden z argumentów na skończoność świata traci zatem rację bytu.

²⁰ E.L. Mascall, *Teologia chrześcijańska a nauki przyrodnicze*, tł. z ang. T. Górski, Warszawa: PAX 1964, s. 169.

²¹ A. Koyré, *Od zamkniętego świata do nieskończonego wszechświata*, tł. z ang. O. i W. Kubińscy, Gdańsk: Wydawnictwo „słowo/obraz terytoria” 1998, s. 30-42.

²² Moore, *The Infinite*, s. 47.

²³ Koyré, *Od zamkniętego świata do nieskończonego wszechświata*, s. 45.

Pierwszym, który koncepcję skończonego świata Kopernika zastąpił koncepcją świata otwartego, był Thomas Digges. Umieścił on jednak gwiazdy „w teologicznych niebiosach, nie zaś w niebie astronomicznym”²⁴. Dopiero Giordano Bruno przyjmuje ze wszystkimi tego konsekwencjami koncepcję nieskończonego Wszechświata w astronomicznym, fizykalnym sensie.

Począwszy od XIII wieku powolnie kształtuje się nowożytne przyrodoznawstwo. Zmiany w filozofii i nauce owocują „destrukcją Kosmosu”, czyli „zniknięciem spośród filozoficznie i naukowo nośnych pojęć koncepcji świata jako skończonej, zamkniętej i uporządkowanej całości [...] i zastąpienie jej przez nieograniczony czy wręcz nieskończony wszechświat, związany w całość dzięki podobieństwu fundamentalnych elementów i praw, w których wszystkie te elementy umieszczone są na jednym poziomie istnienia”²⁵.

Narzędzia tworzenia tych „modeli” Wszechświata były stosunkowo ubogie: potoczna obserwacja oraz geometria i trygonometria. Stan rzeczy zaczyna zmieniać się wraz z rozwojem narzędzi obserwacyjnych (skonstruowanie przez Galileusza lunety) oraz „narzędzi” teoretycznych: ruch zaczyna być badany środkami matematycznymi. Nowe metody badawcze stosuje Isaac Newton, tworząc mechanikę klasyczną i teorię grawitacji. Teoria ta stała się następnie podstawą dla budowania modeli kosmologicznych.

Prawo powszechnego ciężenia można uznać za ukoronowanie dosyć długiego okresu badań, którego początek sięga jeszcze wieku XIII, gdy zaczęto negować prawa fizyki Arystotelesa. Ważne dla ukształtowania się teorii grawitacji były badania Johannes Keplera, ucznia Tychona de Brahe. Przyjęcie przez Kopernika orbit sferycznych sprawiło, że przewidywania ruchu planet okazywały się błędne. Kepler modyfikuje system Kopernika, zrywając definitywnie z harmonią platońską – pierwsze prawo Keplera stwierdza, że planety poruszają się po elipsach. Co więcej, obserwacje de Brahe w 1577 r. komety pokazywały, że jej orbita przechodziła swobodnie przez sfery, co zachwiało przekonaniem o istnieniu materialnych sfer i pojawił się problem, co podtrzymuje planety. Kepler uznał, że planety poruszają się bez podtrzymywania przez cokolwiek i że jest możliwe istnienie oddziaływania na odległość. Był to początek teorii grawitacji: „Grawitacja – sugerował – jest skłonnością ciał do przyciągania innych ciał tego samego rodzaju. Dlatego też można powiedzieć, że Ziemia przyciąga kamień, niezależnie od tego, gdzie znajduje się Ziemia i jaki jest stan jej ruchu. W ten sam sposób

²⁴ Tamże, s. 49.

²⁵ Tamże, s. 15.

Księżyc przyciąga wody na powierzchni Ziemi, powodując zaistnienie przyływów. Siła owego przyciągania jest proporcjonalna do masy (moles) przyciągających się ciał²⁶.

Prawa Keplera posłużyły Newtonowi do stwierdzenia, że siła oddziaływania między dwoma ciałami jest odwrotnie proporcjonalna do kwadratu ich odległości. Ta uniwersalna siła działająca na odległość między dwoma ciałami pozwalała wyjaśnić ruch planet: z praw fizyki Newtona otrzymuje się prawa Keplera. Absolutna przestrzeń euklidesowa i absolutny czas stanowią scenę dla zdarzeń w przyrodzie. Ponieważ przestrzeń jest euklidesowa, więc według Newtona Wszechświat jest przestrzennie nieograniczony. Newton przyjął również zasadę kosmologiczną, głoszącą, że nie ma żadnych wyróżnionych punktów we Wszechświecie. Wynika z niej, że gwiazdy są jednorodnie rozmieszczone w przestrzeni, są bardzo odległe i nie poruszają się: „Słońce jest gwiazdą stałą – gwiazdy stałe są rozproszone po całym niebie w bardzo wielkich odległościach od siebie – spoczywają na swoich miejscach i są ogromnymi kulistymi ciałami bardzo gorącymi – świecącymi – z przyczyn swojej ogromnej masy obdarzonymi bardzo silną grawitacją”²⁷. Świat Newtona wygląda zatem następująco: jest nieskończony przestrzennie, wypełniony równomiernie gwiazdami, pozostającymi w wielkich od siebie odległościach. Jest w nim, oczywiście, ruch – zmieniają się położenia ciał niebieskich – lecz jako całość Wszechświat jest niezmienny.

Taki obraz Wszechświata stwarza jednak poważne trudności. Pierwsza z nich dotyczy momentalnego, poza czasem rozchodzenia się oddziaływań i przekazywania sygnałów. W mechanice Newtona nie istnieje żadne ograniczenie prędkości, a siła ciężenia działa na dowolne odległości i to natychmiastowo. Istnienie jednak tego typu siły stanowi problem, który zauważył już sam Newton. Konieczne jest bowiem wyjaśnienie, dlaczego jeżeli działa taka siła, to cała materia Wszechświata nie skupia się w jednym miejscu. Próba rozwiązania tej trudności jest przyjęcie, że każda z gwiazd jest przyciągana przez wszystkie pozostałe ze wszystkich stron, siły te zatem znoszą się wzajemnie. Ale taki Wszechświat musiałby być doskonale izotropowy – każde zakłócenie nieuchronnie prowadziłyby do katastrofy. Co więcej, problemem jest i to, że jeżeli gwiazd jest nieskończenie wiele, to siła grawitacji jest również nieskończona. Czy odejmowanie od siebie nieskończoności da w wyniku rzeczywiście zero?

²⁶ E. McMullin, *Formalizm i ontologia w dawnej astronomii*, [w:] T. Sierotowicz (red.), *Stwórca – Wszechświat – Człowiek*, t. II, Tarnów: Biblos 2006, s. 669.

²⁷ Baryszew, Teerikorpi, *Wszechświat. Poznawanie kosmicznego ładu*, s. 64.

Następna trudność jest nie mniej poważna. Jest to paradoks fotometryczny, nazwany paradoksem Olbersa. W 1720 r. Edmund Halley, próbując uzasadnić skończoność Wszechświata, stwierdza, że jeżeli Wszechświat byłby nieskończony, to niebo powinno być tak jasne, jak powierzchnia Słońca. Przed Halleyem podobny argument wysuwali Thomas Digges i Jean-Philippé de Cheseaux. Do tego paradoksu powrócił w 1826 r. Heinrich Olbers²⁸. Mimo tych paradoksów, począwszy od wieku XVIII, prawie powszechnie przyjmowano obraz nieskończonego przestrzennie i statycznego Wszechświata. Sytuacja zmienia się diametralnie w wieku XX, gdy na scenę powraca znowu model ograniczonego Wszechświata.

Wprawdzie od początku rozwoju kultury człowiek tworzył rozmaite obrazy świata, powstawały nawet bardzo skomplikowane i złożone „modele” kosmologiczne, to dopiero w XX wieku stały się możliwe systematyczne badania kosmosu. Zostały skonstruowane rozmaite urządzenia obserwacyjne i pomiarowe, otworzyły się możliwości badania świata z przestrzeni kosmicznej. Siłą rzeczy koncepcje Kosmosu jeszcze z początku XX wieku miały charakter bardziej spekulatywny niż oparty na rzetelnych danych obserwacyjnych. Dopiero ogólna teoria względności dała narzędzie teoretyczne do budowania modeli kosmologicznych. Paradoksalnie jednak, mimo posiadania szerszej bazy doświadczalnej i teoretycznej niż w przeszłości, stajemy bezradni wobec Kosmosu i pytania o jego nieskończoność.

W XX wieku powstały trzy teorie fizyczne, dzięki którym można tworzyć modele Wszechświata. Są to szczególna i ogólna teorie względności oraz teoria kwantów. Szczególna teoria względności w gruncie rzeczy nie zmienia, z punktu widzenia problemu nieskończoności, własności czasoprzestrzeni. Zamiast absolutnych czasu i przestrzeni, niepowiązanych ze sobą jak w mechanice Newtona, mamy do czynienia z czterowymiarową czasoprzestrzenią, zamiast niezmiennych długości i odcinków czasu mamy do czynienia z niezmienniczością przedziału czasoprzestrzennego, wyznaczającego metrykę pseudoeuklidesową czasoprzestrzeni. W dalszym ciągu jednak obserwowana czasoprzestrzeń jest nieograniczona, choć dla różnych obserwatorów jest ona inna, gdyż nie istnieje wspólna dla wszystkich obserwatorów teraźniejszość. Scena, na której rozgrywają się zdarzenia, jest nieskończona – skończona i ograniczona przez prędkość światła jest tylko prędkość sygnałów rozchodzących się w czasoprzestrzeni.

²⁸ R. Morris, *Krótką historia nieskończoności. Achilles i żółw w kwantowym wszechświecie*, tł. z ang. J. Kowalski-Glikman, Warszawa: Wydawnictwo CiS 1999, s. 85-86.

Szczególna teoria względności nie dostarcza odpowiednich „narzędzi” do skonstruowania modeli kosmologicznych, jest bowiem teorią inercjalnych układów odniesienia, w których nie uwzględnia się grawitacji. Próbować opisać Wszechświat jako pewną całość można dopiero za pomocą równań ogólnej teorii względności, u której podstaw „leży spostrzeżenie, że przyspieszenie grawitacyjne jest takie samo dla wszystkich ciał, niezależnie od ich masy. [...] Dzięki temu, używając wyłącznie pojęć geometrycznych, Einstein zdołał opisać ruch i ukazać grawitację jako własność samej przestrzeni. «Naturalna» geometria przestrzeni nie może być euklidesowa; mówimy, że «przestrzeń jest zakrzywiona»²⁹. W ogólnej teorii względności ciała materialne, magnesy, ładunki elektryczne, światło itp. „stwarzają” czasoprzestrzeń, poruszając się po niej. „Geometria nie poprzedza już fizyki, lecz w nierozzerwalny sposób związana jest z nią w jedną dyscyplinę. Właściwości przestrzeni w ogólnej teorii względności zależą od obecności ciał materialnych i energii; odbieramy w ten sposób geometrii euklidesowej jej pierwszeństwo i nie traktujemy jej już jako jedynie słusznego przedstawienia otaczającej przestrzeni”³⁰. Ponieważ źródłem pola grawitacyjnego jest masa, więc rozkład mas, energii i pędów zakrzywia czasoprzestrzeń, a to z kolei określa ruchy ciał w czasoprzestrzeni, która jest przestrzenią pseudoriemannowską.

Warto dodać, że w geometrii euklidesowej i hiperbolicznej prostą zawsze można przedłużyć po prostej. Oznacza to, że długość prostej jest nieskończona. Bernhard Riemann odrzucił to założenie, tworząc geometrię eliptyczną. W tej geometrii wszystkie linie proste powracają do swoich punktów początkowych i wszystkie są tej samej długości. Przestrzeń jest zatem skończona. Co więcej, nie ma w niej prostych równoległych, gdyż wszystkie proste się przecinają. Modelem dla tej geometrii jest powierzchnia kuli.

Rozwiązując równania ogólnej teorii względności odniesione do całego Kosmosu, można utworzyć modele kosmologiczne. Trzeba jednak pamiętać, że ponieważ nie istnieją absolutny czas i przestrzeń, a charakterystyki czasoprzestrzeni są określone przez rozkład materii, w modelu kosmologicznym mamy zatem do czynienia z Wszechświatem jako z całością czasową, przestrzenną i materialną. Ani czas, ani przestrzeń nie istnieją poza Kosmosem, czyli model kosmologiczny jest zarazem modelem czasoprzestrzeni.

²⁹ R.G. Newton, *Zrozumieć przyrodę*, tł. z ang. A. Górnicka, Warszawa: Prószyński i S-ka 1996, s. 25.

³⁰ E.T. Whittaker, *Od Euklidesa do Einsteina*, tł. z ang. J. Mączyński, Warszawa: PWN 1965, s. 123.

Trzeba podkreślić, że równania ogólnej teorii względności ułożone dla całego Wszechświata dają rozwiązania niestacjonarne: jednorodny i izotropowy Wszechświat nie może być statyczny, musi zmieniać się w czasie. Aleksander A. Friedman zaproponował dwa scenariusze ewolucji Kosmosu: albo Wszechświat będzie się nieustannie rozszerzał, albo po okresie ekspansji nastąpi okres kontrakcji Wszechświata. W każdym z tych scenariuszy w historii Wszechświata istnieje jeden bądź wiele punktów osobliwych, w których Wszechświat jest ściśnięty do punktu o nieskończonej gęstości.

Obecnie najlepiej dane obserwacyjne wyjaśnia tzw. standardowy model kosmologiczny. Zgodnie z tym modelem historia Wszechświata zaczyna się stanem osobliwym, tzw. Wielkim Wybuchem, w którym załamują się znane prawa fizyki. Wszechświat następnie rozszerza się, maleje w nim gęstość materii, spada temperatura, co umożliwia tworzenie się coraz bardziej złożonych struktur: jąder atomów, atomów, skupisk materii, z której powstają gwiazdy, galaktyki i inne obiekty astronomiczne. Czasoprzestrzeń Wszechświata jest zatem ograniczona czasowo (szacuje się, że „początek” Wszechświata nastąpił ok. 14 miliardów lat temu) i przestrzennie (ponieważ Wszechświat rozszerza się od punktu osobliwego przez skończony okres, to jego rozmiary są skończone).

Ogólna teoria względności wymusiła zmianę obrazu Wszechświata. Zniknął obraz statycznego, takiego samego w dowolnym momencie Kosmosu, a pojawił się obraz Kosmosu ewoluującego, dynamicznego, w którym powstają nowe układy, a także zmieniają się jego globalne charakterystyki. Obecnie nowe dane obserwacyjne wskazują na poważne braki standardowego modelu kosmologicznego, gdyż Wszechświat wydaje się rozszerzać coraz szybciej, co wskazuje na działanie jeszcze jakiegoś nieopisanego czynnika.

W tym „scenariuszu” kosmicznej ewolucji pojawiają się osobliwości kosmologiczne, w których gęstość materii, ciśnienie, temperatura przyjmują nieskończone wartości. Nieco podobne problemy wiążą się z istnieniem tzw. czarnych dziur. Są to punktowe rozwiązania równania ogólnej teorii względności. Czarna dziura jest ciałem ściśniętym do rozmiarów mniejszych niż jego promień grawitacyjny, co powoduje, że wszystko, co znajdzie się w tym obszarze, nie będzie już mogło z niego się wydostać. Obserwacje zdają się potwierdzać istnienie w naszej galaktyce czarnych dziur.

W standardowym modelu kosmologicznym Wszechświat (obserwowalny) jest czasowo i przestrzennie ograniczony. Pozbycie się jednak nieskończoności czasu i przestrzeni prowadzi do zaistnienia osobliwości, w których ciśnienie, temperatura i gęstość przybierają nieskończone wartości, co z fizycz-

nego punktu widzenia nie ma sensu. Wszechświat jest ograniczony od dołu czasoprzestrzennie i rozszerza się. Eliminuje to paradoksy grawitacyjny i fotometryczny, ale pojawiają się w nim osobliwości, w których pobliżu „załamują się” znane nam prawa fizyki. Nieskończony przestrzennie i czasowo Wszechświat jest matematycznie prostszy, ale niestety niezgodny z obserwacjami. Natomiast w ograniczonym czasoprzestrzennie Wszechświecie, który jest bardziej „wyrafinowany matematycznie”, pojawiają się nieskończoności – osobliwości – tylko innego typu niż nieskończoność czasu i przestrzeni³¹.

Dla badań fizycznych nie ma to, według Michała Tempczyka, szczególnego znaczenia, gdyż fizyka zajmuje się procesami „zachodzącymi w obszarach bardzo małych w porównaniu z wielkością całego Wszechświata i w dalszym ciągu można zakładać, że nie ma w tej skali żadnych ograniczeń czasowych i przestrzennych”³². Z tej perspektywy świat lokalnie jawi się jako potencjalnie nieograniczony i przestaje mieć znaczenie, czy nieskończoność aktualna istnieje, czy nie istnieje. Sytuacja jednak zmienia się, gdy chcemy badać początek Wszechświata lub czarną dziurę. W tym przypadku procesy lokalne są uwarunkowane globalną strukturą Wszechświata³³.

Problemy z nieskończonością nie dotyczą tylko rozwiązań równań ogólnej teorii względności. Wnikanie w strukturę materii doprowadziło w pierwszej połowie XX wieku do powstania teorii kwantów, która ukazuje odmienny od makroskopowego obraz świata: zamiast ciągłych zmian mamy do czynienia z przeskokami kwantowymi, co sprawia, że znika potencjalna nieskończona podzielność energii, materii, czasu i przestrzeni. Problemy wynikają jednak przy próbach skonstruowania np. modelu atomu. Wykorzystanie idei kwantowania energii doprowadziło do stworzenia nieintuicyjnego modelu atomu, w którym elektron może znajdować się jednocześnie w nieskończenie wielu miejscach i zajmować nieskończoną liczbę różnych stanów energetycznych. Pojawiają się zatem nieskończoności.

Początkowo mechanika kwantowa nie uwzględniała efektów relatywistycznych. Mają one jednak znaczenie wtedy, gdy na przykład próbuje się wyjaśnić, co dzieje się przy odbiciu światła od lustra: „kiedy elektron (albo elektron) przechwycił foton, odwrócił kierunek jego ruchu i wysłał z powrotem”³⁴.

³¹ Por. M. Tempczyk, *Rola pojęcia nieskończoności w fizyce*, [w:] M. Czarnawska, J. Kopania (red.), *Idea. Studia nad strukturą i rozwojem pojęć filozoficznych*, t. 1, Białystok: Wydawnictwo UwB 1986, s. 64.

³² Tamże.

³³ Por. tamże.

³⁴ Morris, *Krótką historia nieskończoności*, s. 148.

Próbie uzgodnienia teorii kwantów ze szczególną teorią względności podjął Paul Dirac. Przyjął on mianowicie, że elektrony mogą znajdować się w stanach o ujemnej energii. Aby zabezpieczyć się przed sytuacją, że po pewnym czasie wszystkie elektrony znajdą się w stanach o energii ujemnej i będą przechodzić do stanów o coraz mniejszej energii i tak w nieskończoność, Dirac założył, że wszystkie poziomy o energiach ujemnych są zajęte: „istnieje nieskończone morze elektronów o ujemnych energiach”³⁵. Wprawdzie tych elektronów nie można obserwować, ale daje się zaobserwować przeskoczenie elektronu (po uzyskaniu dostatecznie dużej energii) do obszaru o energii dodatniej. W tym obszarze pojawi się „zwykły” elektron, a w „morzu” powstanie dziura, traktowana jak antycząstka elektronu³⁶. Aby wyeliminować nieskończone morze elektronów o ujemnej energii, Richard Oppenheimer i Wendell H. Furry zaczęli po prostu mówić o elektronach i pozytonach.

Ostateczną formę kwantowej teorii pola – elektrodynamice kwantowej – nadali w 1947 r. Richard P. Feynman, Julian Schwinger i Sin-Itiro Tomonaga. Opisuje ona oddziaływanie między elektronami i fotonami w otoczeniu wirtualnych fotonów, elektronów i pozytonów. Druga z teorii – chromodynamika kwantowa – wyjaśnia strukturę cząstek takich, jak proton i neutron oraz wiązania ich w jądra atomowe.

Pozostały jednak problemy dotyczące struktury wewnętrznej elektronu. Elektron jest traktowany jak cząstka o zerowym promieniu (doświadczenia pokazują, że promień elektronu nie przekracza 10^{-18} cm). Ale „jeśli myślimy o elektronie jak o obiekcie składającym się z maleńkich fragmentów ładunku elektrycznego, fragmenty te przybliżają się do siebie, kiedy elektron staje się coraz mniejszy. Jeżeli rozmiary zbiegają do zera, odległość między nimi również zmierza do zera, a energia elektronu rośnie do nieskończoności”³⁷. Mamy zatem do czynienia z „nagim” elektronem o nieskończonej masie. Ponieważ oczywiście takich elektronów nie obserwujemy, przyjmuje się, że elektrony są otoczone spolaryzowanym „pancerzem” cząstek wirtualnych, który nie pozwala zaobserwować nieskończonej masy i ładunku „nagiego” elektronu. Pojawia się tu jednak znowu nieskończoność w postaci nieskończonej ilości cząstek wirtualnych, tworzących „pancerz” elektronu. Aby pozbyć się kłopotliwych nieskończoności z teorii, stosuje się tzw. renormalizację. Również chromodynamika kwantowa jest teorią renormalizowalną.

³⁵ Tamże, s. 153.

³⁶ Taka antycząstka została odkryta w 1932 r. przez Carla Andersona.

³⁷ Tamże, s. 162.

Kłopot sprawia grawitacja, której ciągle nie udaje się połączyć z teorią kwantów. Dopiero ta teoria pozwoliłaby opisać początkową osobliwość Wszechświata. Zaproponowano bardzo wiele rozmaitych koncepcji, których celem jest wyjaśnienie „początku” obserwowanego przez nas Wszechświata, a pośrednio pozbycie się „niewygodnych” nieskończonych wartości parametrów. Paradoksalnie jednak w tych koncepcjach również pojawiają się jakieś nieskończoności. Okazuje się, że to, co skończone – nasz obserwowalny Wszechświat – do swego pełnego wyjaśnienia wymaga odwołania się do nieskończoności. W teoriach pojawiają się bądź osobliwości, bądź próżnia kwantowa, bądź nieskończony Wszechświat, którego nasz Kosmos jest tylko możliwą do zaobserwowania jego skończoną częścią, bądź wreszcie wielość różnorodnych wszechświatów, tworzących nieskończony multiświat.

Przy rozpatrywaniu tego typu koncepcji warto zdać sobie sprawę z dwóch niejako poziomów, na których pojawia się nieskończoność. Pierwszym jest model Wszechświata, a więc nasza, ludzka konstrukcja teoretyczna. Drugim poziomem jest rzeczywistość fizyczna, świat materialny, który istnieje niezależnie od nas, a który próbujemy zrozumieć, tworząc teorie naukowe. Pojawienie się nieskończoności w modelu nie musi automatycznie oznaczać, że we Wszechświecie również istnieją jakiegoś typu nieskończoności – przestrzeni, czasu, materii, temperatury, gęstości materii itp.

Wysiłki kosmologów zmierzają do usunięcia nieskończoności z modelu Wszechświata, zwłaszcza nieskończoności dotyczących parametrów fizycznych. Są one bowiem zawsze oznaką załamania się teorii. Toteż próbuje się pozbyć za wszelką cenę tego typu nieskończoności. Zarazem skończony, ograniczony przestrzennie i czasowo Kosmos stanowi problem ontologiczny: taki Wszechświat wymaga dostatecznej racji swego istnienia, gdyż jest przygodny. Toteż istnienie skończonego świata stało się jedną z przesłanek tzw. kosmologicznego argumentu za istnieniem Boga. Kończącą konsekwencją tego typu argumentacji jest to, że Bóg istnieje jako ostateczna racja istnienia Wszechświata. Niezgoda na ten wniosek prowadzi do poszukiwania alternatywnych przyczyn istnienia Wszechświata. Nieuchronnie jednak odwołują się one do jakichś nieskończoności. Pozostaje zatem wybór ostatecznej, absolutnej nieskończoności: albo nieskończony Wszechświat o cechach bytu absolutnego, bądź nieskończona ilość wszechświatów, albo nieskończony Bóg.

BIBLIOGRAFIA

- Barrow J.D.: Księga nieskończoności. Krótki przewodnik po tym, co nieograniczone, ponadczasowe i bez końca, tł. z ang. T. Krzyszoń, Warszawa: Prószyński i S-ka 2008.
- Baryszew J., Teerikorpi P.: Wszechświat. Poznawanie kosmicznego ładu, tł. z ang. K. Włodarczyk, Kraków: WAM 2005.
- Heller M.: Ewolucja Kosmosu i kosmologii, „Urania” (1978), nr 2, http://postepy.camk.edu.pl/urania/u2_1978-a1.html.
- Kłoskowski K.: Filozofia ewolucji i filozofia stwarzania, t. II, Warszawa: Wydawnictwo ATK 1999.
- Koŕré A.: Od zamkniętego świata do nieskończonego wszechświata, tł. z ang. O. i W. Kuźbiński, Gdańsk: Wydawnictwo „słowo/obraz terytoria” 1998.
- Mascall E.L.: Teologia chrześcijańska a nauki przyrodnicze, tł. z ang. T. Górski, Warszawa: PAX 1964.
- McMullin E., Formalizm i ontologia w dawnej astronomii, [w:] T. Sierotowicz (red.), Stwórca – Wszechświat – Człowiek, t. II, Tarnów: Biblos 2006.
- Moore A.W.: The Infinite, London–New York: Routledge 1990.
- Morris R.: Krótka historia nieskończoności. Achilles i żółw w kwantowym wszechświecie, tł. z ang. J. Kowalski-Glikman, Warszawa: Wydawnictwo CiS 1999.
- Newton R.G.: Zrozumieć przyrodę, tł. z ang. A. Górnicka, Warszawa: Prószyński i S-ka 1996.
- Парнюк М.А. (ред.): Конечное и бесконечное, Киев: Наукова Думка 1982.
- Such J., Szcześniak M., Szczuciński A.: Filozofia kosmologii, Poznań: IF UAM 1998.
- Świeżawski S.: Dzieje europejskiej filozofii klasycznej, Warszawa–Wrocław: PWN 2000.
- Tempczyk M.: Rola pojęcia nieskończoności w fizyce, [w:] M. Czarnawska, J. Korpiania (red.), Idea. Studia nad strukturą i rozwojem pojęć filozoficznych, t. 1, Białystok: Wydawnictwo UwB 1986.
- Turetzky P.: Time, London–New York: Routledge 1998.
- Whittaker E.T.: Od Euklidesa do Einsteina, tł. z ang. J. Mączyński, Warszawa: PWN 1965.

oraz prace ks. prof. Józefa Turka:

- Kosmologia Alberta Einsteina i jej filozoficzne uwarunkowania, Lublin: RW KUL 1982.
- Osobliwość początkowa a kreacjonizm w ujęciu Georges Lemaître’a, „Studia Warmińskie” 19 (1982), s. 435-448.
- Wkład Georges Lemaître’a w kształtowanie się dynamicznej wizji Wszechświata, „Roczniki Filozoficzne” 33 (1985), z. 3, s. 59-74.
- Tomaszowe ujęcie nieskończoności Wszechświata a współczesna kosmologia, „Roczniki Filozoficzne” 34 (1986), z. 3, s. 103-125.
- Założenia problematyki nieskończoności Wszechświata w kosmologii Robertsona-Walkera, „Roczniki Filozoficzne” 37-38 (1989-1990), z. 3, s. 23-51.
- Wszechświat czasowo nieskończony i stworzony, „Studia Warmińskie” 28 (1991), s. 217-233.
- Czynniki empiryczne w teoriach kosmologicznych, „Roczniki Filozoficzne” 40 (1993), z. 3, s. 5-47.
- Wszechświat dynamiczny. Rewolucja naukowa w kosmologii, Lublin: RW KUL 1995.
- Geneza idei dynamicznego Wszechświata, „Roczniki Filozoficzne” 50 (2002), z. 3, s. 135-142.
- Filozofia kosmologii – zarys problematyki, „Roczniki Filozoficzne” 53 (2005), z. 2, s. 269-308.
- Możliwości wyjaśnienia kosmicznych koincydencji w ramach wheelerowskiej wersji Hipotezy Wielu Wszechświatów, „Filozofia Nauki” 14 (2006), nr 1, s. 129-147.
- Wyjaśnienie antropiczne w kosmologii, „Roczniki Filozoficzne” 54 (2006), nr 2, s. 267-298.

- Kosmologiczny kontekst formułowanych współcześnie argumentów teistycznych, „Roczniki Filozoficzne” 56 (2008), nr 1, s. 295-313.
- Wybór praw i warunków początkowych we współczesnych teoriach kosmologicznych a celowość Wszechświata, [w:] Spór o cel. Problematyka celu i celowościowego wyjaśniania, red. W. Maryniarczyk, K. Stępień, P. Gondek, Lublin: Polskie Towarzystwo Tomasza z Akwinu 2008, s. 345-375.
- Kosmiczne uwarunkowania ewolucji biologicznej, „Forum Teologiczne” 9 (2008), s. 55-68.

CONTROVERSIES OVER THE INFINITY OF COSMOS

S u m m a r y

In the paper the main models of the universe are presented, and the role of the infinity in these models is outlined. The infinity appears as the definitive justification for the existence of the universe.

Słowa kluczowe: nieskończoność, Kosmos, model Wszechświata

Key words: infinity, cosmos, model of the universe

Information about Author: Prof. ANNA LEMAŃSKA, Ph.D. – Chair of Philosophy of Nature, Institute of Philosophy, Cardinal Stefan Wyszyński University; address for correspondence: ul. Wóycickiego 1/3, 01-938 Warszawa; e-mail: a.lemanska@uksw.edu.pl