

**ASTRONOMIA A KOSMOLOGIA. ZASADY I MODELE
KOSMOLOGICZNE.
NAUKA A METAFIZYKA.**

Konrad M.P. Rudnicki

Uniwersytet Jagielloński

Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej

konrad@dsrudnicki.com

Streszczenie

Astronomia nie ma tak bezpośredniego dostępu do badanych obiektów jak fizyka. Kosmologia musi uwzględniać np. istnienie „horyzontu geometrycznego”, spoza którego żaden fizyczny sygnał nie może do nas dojść. Kosmologia jako nauka powstała na pograniczu astronomii, fizyki teoretycznej i filozofii. Istotną rolę odgrywają w niej zasady kosmologiczne – znanych jest około dwudziestu takich zasad. Natomiast na styku nauki i metafizyki szczególnym zainteresowaniem cieszy się zasada antropiczna (słaba i mocna). Wyprowadzane z niej wnioski dotyczą problemów zarezerwowanych do niedawna dla teologii – obejmując na przykład takie tematy jak wnioskowanie o stwórczym zamyśle Boga lub twierdzenie, że ciała materialne nie istniałyby, gdybyśmy ich nie obserwowali.

Słowa kluczowe: horyzonty kosmologiczne, paradoks fotometryczny, zasady kosmologiczne, zasada antropiczna, nierówności Bella

Key words: cosmological horizons, photometric paradox, cosmological principles, anthropic principle, Bell inequalities

Astronomia jest nauką o świecie, w którym żyjemy. Myśląc abstrakcyjnie chcieliby ją uważać za dział fizyki zajmujący się rzeczywistością pozaziemską, jednak odróżnia się ona istotnie od fizyki odmiennymi metodami badawczymi. Fizyk może tak ustawiać eksperymenty, żeby mierzyć – jeśli nie wielkości bezpośrednio go interesujące – to możliwie najbliżej z nimi związane. Astronom otrzymuje tylko promieniowanie od badanego zjawiska czy ciała i może co najwyżej dostosowywać czułość odbiorników do interesujących go długości fal elektromagnetycznych czy grawitacyjnych lub rodzajów promieniowań korpuskularnych. Wszystkie inne wielkości musi z tych danych pośrednio wyliczyć. I tak na przykład kinematyka, która w fizyce makroskopowej jest na ogół po prostu obserwowana, w astronomii stanowi odrębny dział pełen nierozwiązanych problemów, zarówno gdy idzie o ruchy gwiazd, jak galaktyk

i gromad galaktyk. Podobnie jest z pomiarami odległości. To co dla fizyka jest daną obserwacyjną, dla astronoma jest hipotetycznym wynikiem obliczeń, warunkowanym słuszością założeń przyjętych w tych obliczeniach. Te stwierdzenia nie dotyczą wyników badań *in situ* prowadzonych na ciałach naszego układu planetarnego. Takie badania stają się podobne do badań geofizycznych lub zgoła opisów geograficznych; w pewnym sensie zostają obecnie coraz bardziej wyrwane opracowaniom metodami astronomicznymi.

Jeszcze innego rodzaju problemy wywołuje kosmologia, w której niektórzy chcieliby widzieć po prostu najogólniejszy dział astronomii – naukę o ogólnej budowie Wszechświata. Byłaby ona takim działem, gdyby cały Wszechświat był obserwowalny. Niestety, podobnie jak starożytni postulowali niedostępność obserwacjom tak zwanego (potem, w terminologii scholastycznej) czysto duchowego Empireum, umieszczanego geometrycznie poza „sferą gwiazd stałych”, tak we współczesnych teoriach kosmologicznych pojawiają się dwa horyzonty kosmologiczne. Pierwszy z nich to horyzont geometryczny, powierzchnia, spoza której nie może do nas dojść żaden fizyczny sygnał, bo leżąca za tą powierzchnią przestrzeń „ucieka” od nas z prędkością większą od prędkości światła. Drugim jest zaś horyzont czasowy, moment czasu przeszłego, gdy Wszechświat wprawdzie istniał, ale nie stosowały się do niego żadne prawa fizyki, dające się wyrazić zmienną „t” oznaczającą czas – słowem, gdy nasze pojęcie czasu, a więc i określenie „przedtem” traci zastosowanie. Te dwa horyzonty najczęściej są przytaczane w związku z *hipotezą prawybuchu* (Big Bang’u), która bynajmniej nie została przyjęta przez wszystkich kosmologów, gdyż mnożą się nowe fakty obserwacyjne trudne do wytłumaczenia w jej ramach. Ale także i inne, „opozycyjne” hipotezy kosmologiczne, np. hipoteza Narlikara, postulują przyjęcie jeśli nie dwu, to przynajmniej jednego horyzontu kosmologicznego.

Już w XIX wieku, gdy jeszcze nie znano żadnej innej galaktyki oprócz naszej, usiłowano badać ogólną budowę Wszechświata przez budowanie najprostszyc wyobrażeń o Wszechświecie i porównywanie ich z obserwacjami. W ten sposób powstały tak zwane paradoksy kosmologiczne, z których najprostszym jest *paradoks fotometryczny*. Jeśli mianowicie przyjmiemy, że przestrzeń Wszechświata jest euklidesowa i nieskończona, że światło się rozchodzi po liniach prostych, że gwiazdy są rozmieszczone w przestrzeni jednostajnie oraz że nie istnieje żadna ciemna przysłaniająca materia, to łatwo udowodnić, że promień widzenia w każdym kierunku bliżej czy dalej musi się przeciąć z powierzchnią jakiejś gwiazdy. Stąd całe niebo powinno świecić ze średnią jasnością powierzchniową gwiazd. A tymczasem nie świeci. Wynika stąd, że przynajmniej jedno z założeń jest niespełnione. Nie wiemy które, ale otrzymaliśmy jakąś zupełnie pewną, choć negatywną informację o Wszechświecie. Dziś sądzimy, że większość wymienionych powyżej założeń nie jest spełniona i choć można by formułować dalsze proste zestawy założeń i w ten sposób badać

jaki *nie jest* Wszechświat, taka metoda badawcza, będąca przeniesieniem metod *teologii apofatycznej*¹ do kosmologii, nie jest mile widziana wśród kosmologów.

Dlatego od początku XX wieku zaczęto traktować kosmologię jako naukę z pogranicza astronomii, fizyki teoretycznej i filozofii, przy czym każda z tych dziedzin jest tu jednakowo ważna. Astronomia, przez poznanie struktury obserwowalnej części Wszechświata, narzuca nam wyobrażenia, jak mogą wyglądać jego części leżące poza horyzontami (horyzontem). Fizyka, przez przyjęcie założenia, że w całym Wszechświecie jej prawa są jednakowe lub że jednakowe pozostają pewne podstawy tych praw (np. „strzałka czasu” lub ogólna przyczynowość), pozwala na „naukowy” (zmatematyzowany) opis tych obszarów. Przyjęta filozofia dyktuje nam, w jaki sposób stan poznany w obrębie ograniczających nas horyzontów (horyzontu) możemy przenosić na inne obszary Wszechświata, lub w jakim zakresie i dlaczego nie jest to możliwe. Takie filozoficzne założenia nazywamy zasadami kosmologicznymi. Pierwszą wprowadził do modeli Wszechświata Albert Einstein. Herman Bondi wykazał, że zasada przyjęta przez Einsteina jest uogólnieniem poglądów Mikołaja Kopernika na budowę świata i nazwał ją *zasadą kopernikańską*. Potem odtworzono dwie historyczne zasady kosmologiczne – prahinduską i antyczną. Zarazem zasada kopernikańska rozdzieliła się na całą rodzinę zasad, nieco różniących się między sobą.

Dziś znanych jest około dwudziestu różnych zasad kosmologicznych. Tu dla zrozumienia o co idzie, opiszę w kilku zdaniach chyba najprostszą z nich – *doskonałą zasadę kosmologiczną*, która w połowie XX wieku była przyjmowana przez wielu. Dla przekroczenia horyzontu geometrycznego ta zasada przyjmuje, że cały Wszechświat jest zbudowany tak, jak jego poznawalna część. Dla pozbycia się horyzontu czasowego postuluje się, że Wszechświat zawsze wyglądał tak, jak obecnie. Ponieważ jednak istnieje niewątpliwie ewolucja (starzenie się) galaktyk i składających się na nie gwiazd, zasada przyjmuje stałe rozszerzanie się przestrzeni Wszechświata, a więc stałe uciekanie od siebie starzejących się galaktyk (zmniejszanie się ich liczby na jednostkę objętości) i postuluje stałe powstawanie nowej materii, z której się tworzą nowe, młode galaktyki. Można tak dobrać tempo rozszerzania przestrzeni i produkcji nowej materii, że Wszechświat stałe pozostaje niezmienny (tak zwany model Wszechświata *steady state*). Jest to ogromnie „optymistyczna” zasada kosmologiczna. W jakimkolwiek kierunku i jak daleko nie spojrzymy, do jak odległego czasu się myślowo nie przeniesiemy, wiemy o Wszechświecie wszystko. Wystarczy nam dokładnie

¹ Teologia apofatyczna wychodzi z założenia, że każde określenie Boga pozytywną cechą prowadzi do uchybienia Jego czci. Np. nie mamy prawa powiedzieć, że *Bóg jest sprawiedliwy*, gdyż natychmiast wyobrażamy tu sobie ograniczoną ludzką sprawiedliwość. Możemy natomiast, myśląc o ludzkiej niesprawiedliwości, powiedzieć: *Bóg nie jest niesprawiedliwy*. Słowem przybliżać się do poznania cech istoty Boga można tylko przez stwierdzenia jak *On nie jest*.

zbadać to, co jest w naszym pobliżu. Twórcy tej zasady i wynikającego z niej modelu reklamowali je taką przypowieścią:

Jest całkiem ciemna ulica, na której świeci się tylko jedna latarnia, oświetlając pewien niewielki obszar. Z domu wyszedł samotnie mieszkający człowiek i zgubił klucz. Gdzie ma go szukać? Oczywiście tylko w obszarze oświetlonym latarnią. Jeśli szczęśliwie tam go zgubił, dostrzeże go. Jeśli gdzie indziej, nie ma żadnych szans. Doskonała zasada kosmologiczna jest takim oświetlonym obszarem. Jeśli prawda leży gdzie indziej, nigdy nie przekroczymy horyzontów kosmologicznych i nigdy nie poznamy całości struktury i historii Wszechświata.

Jak widzimy na tym przykładzie, założenia filozoficzne tkwiące w zasadzie kosmologicznej wpływają nie tylko na interpretację wyników rozważań kosmologicznych, ale wprost powodują określone wyniki. Podobnie wszystkie istniejące zasady kosmologiczne tworzą określone wyniki. Tak więc kosmologia posiada zakres wyników, który jest wywołany filozofią przyjętą przez daną grupę badaczy. Stąd w drugiej połowie XX wieku powstało pytanie, czy kosmologia należy do nauk ścisłych, a przynajmniej przyrodniczych, czy też jest metafizyką. Można odpowiedzieć, że jest to dziedzina nauki, gdzie sposób myślenia najsilniej wpływa na wyniki. W innych naukach jest to mniej widoczne. Dlatego zapominamy czasem, że wszystkie one mają pewne działy znajdujące się poza rzeczywistością materialną, istniejące jedynie w świecie myśli. Współczesna fizyka posiada pewien zbiór przyjętych „praw fizyki”. Tych praw nie da się postrzegać zmysłami lub fizyczną aparaturą pomiarową. W ten sposób możemy tylko dostrzec postulowane *skutki* tych praw. Również inaczej sformułowane prawa mogą powodować takie same zjawiska na planie fizycznym. Prawa fizyki są postrzegane tylko myślowo i do tego zmieniają się wraz z panującymi poglądami. Teoria cząstek zwanych wówczas elementarnymi, którą mi wykladał w czasach studenckich znakomity teoretyk Wojciech Rubinowicz, jest w znacznej mierze różna od współczesnej. Czy dlatego postawimy zarzut fizyce, że jest metafizyką? Gdyby z tego powodu fizykę zaliczyć do nauk metafizycznych, to co powiedzieć o matematyce, której żaden z badanych twórców nie istnieje w świecie fizycznym, a zarazem obliczenia matematyczne pozwalają budować urządzenia techniczne dobrze się sprawujące w fizycznej rzeczywistości?

W dzisiejszych czasach szczególnym zainteresowaniem – również poza ścisłym kręgiem kosmologów – cieszy się *zasada antropiczna*, która wnioskami dającymi się z niej wyprowadzić dotyka nawet pewnych problemów zarezerwowanych do niedawna dla teologii. Choć jej elementy można dostrzec w publikacjach wielu dawnych przyrodników i filozofów, ostatecznie została sformułowana w roku 1963 przez Brandona Cartera w Krakowie w trakcie sympozjum wchodzącego w skład Nadzwyczajnego Kongresu Międzynarodowej Unii Astronomicznej. Zachowam tu jego oryginalną terminologię, choć dzisiaj niektórzy kosmology używają tych samych określeń w innym znaczeniu, co jest ważną uwagą dla czytających nowsze prace z tej dziedziny.

Carter sformułował słabą zasadę antropiczną jako oczywistość, że rzeczywisty obserwator mający fizyczne zmysły i takiż umysł żądny wiedzy, może widzieć tylko te obszary czasoprzestrzeni, w których mógł on sam zaistnieć. A więc jesteśmy skazani na obserwacje bardzo specyficznych obszarów Wszechświata. Rzeczywisty, fizyczny obserwator nie może się znaleźć nawet w „przeciętnym” obszarze jako tako zbadanego Wszechświata, to jest w pustce pomiędzy gromadami galaktyk, gdzie nie widziałby ani pojedynczych gwiazd, ani nawet galaktyk, a przede wszystkim nie miałby na czym nogi postawić. Tym bardziej zupełnie niepoznawalne przez nikogo są – jeśli gdzieś istnieją – czasoprzestrzenne domeny pozbawione strzałki czasu ani inne domeny egzotyczne. Słaba zasada antropiczna orzeka tylko o możliwościach bytowania rzeczywistego obserwatora, ale nie o budowie Wszechświata. Nie może więc być traktowana jako zasada kosmologiczna.

Inaczej jest z mocną zasadą antropiczną. Do połowy wieku XX uważano, że Wszechświat jest jaki jest, a właściwości żyjących w nim fizycznych i inteligentnych istot są uwarunkowane właściwościami Wszechświata. Gdyby Wszechświat był inny, wyprodukowane przezeń istoty też byłyby inne. Carter wziął pod uwagę życie białkowe oparte na węglu oraz hipotetycznie też możliwe – oparte na krzemie. Obliczenia wykazały, że nie tylko inne prawa fizyki (powszechna lewitacja zamiast powszechnej grawitacji itp.) ale nawet drobna zmiana stałych fizycznych prowadziłyby do sytuacji, w których życie fizycznych istot inteligentnych nie mogłoby powstać, ani już powstałe – trwać. Nie przytaczam tu potrzebnych dla udokumentowania tej tezy specjalistycznych obliczeń i rozumowań. Można je znaleźć w pracach oryginalnych. Podaję końcowy wniosek: Wszechświat wydaje się zbudowany jakby specjalnie dla umożliwienia powstania inteligentnego życia w jakiejś (jakichś) z jego czasoprzestrzennych domen.

Ta zasada inspirowana faktem istnienia nas – ludzi, dotyczy budowy Wszechświata jako takiego. Została więc potem uznana za zasadę kosmologiczną. Przez osoby wierzące była przyjęta z miejsca jako potwierdzająca świadomy stwórczy zamysł Boga. Ale muszę pocieszyć ateistów i agnostyków, że niebawem zauważono, że nie musi ona świadczyć o istnieniu Boga. Zauważmy, że *a priori* istnienie Wszechświata umożliwiającego byt istot podobnych do ludzi jest tak samo prawdopodobne, jak istnienie jakiegokolwiek innego Wszechświata. Sytuacja jest podobna do wyboru jednego punktu z continuum punktów zawartych w odcinku. Wybór każdego z nich ma prawdopodobieństwo zero, ale jeden został jednak wybrany. Podobnie jest z zaistnieniem takiego właśnie Wszechświata – że przypadkowo jest taki, więc możemy istnieć i zadać głupie pytanie „dlaczego”. Gdyby był inny, po prostu nikt by takiego pytania nie mógł zadać. Słowem – wiara w istnienie świadomego zamysłu Boga może być zastąpiona przekonaniem, że jakiś wszechświat, jakieś ‘coś’ musi istnieć. Można tylko zapytać: a dlaczego musi? A czy nie mogłoby nie być niczego?

Ale i to rozumowanie o możliwości dwojakiego rodzaju podstawowej wiary może być podważone. Mianowicie jeżeli cokolwiek może istnieć, to w jakimś sensie istnieje. Istnienie jako możliwość jest też istnieniem. Istnieją więc wszelkie wszechświaty jakie sobie potrafimy i jakich sobie nie potrafimy wyobrazić. Na tych, gdzie może się rozwinąć życie podobnych istot do ludzi, stawiamy pytania o przyczynę. Pozostałe wszechświaty są – że tak powiemy – nieświadome siebie. I to wszystko. Podsumować to można tak, że istnieją trzy możliwości:

- 1) wiara, że wszystko, co może istnieć – istnieje,
- 2) wiara, że jakieś wybrane ‘coś’ musi istnieć,
- 3) wiara w Boga.

Żadna logika nie pozwoli nam na obiektywny wybór pomiędzy tymi trzema. Nie istnieje żadna przyczyna skłaniająca nas do takiego lub innego wyboru. Jesteśmy w naszym wyborze wolni, jak Bóg (jeśli istnieje) w swojej bezprzyczynowej twórczości.

Sytuacja jeszcze się komplikuje przez wyniki eksperymentów związanych z tak zwanymi nierównościami Bella. Pozwólcie Państwo, że aby nie przeciągnąć czasu mego wprowadzenia nie będę omawiał od podstaw całej sprawy. Na pewno większość Państwa zajmujących się filozofią przyrody coś o tym słyszała. Tu tylko przypomnę, że w świetle tych eksperymentów okazało się, że cząstki fizyczne zwane ongiś elementarnymi nie mają żadnych właściwości, dopóki nie są obserwowane przez człowieka. Według niektórych poglądów nie mieć właściwości, to znaczy nie istnieć. Człowiek nadaje więc istnienie cząstkom. No dobrze, tak jest z elektronami. A jak się ma sprawa z obiektami makroskopowymi, na przykład ze stołem? Czy gdyby go nikt z ludzi nie obserwował, to by on nie istniał? Otóż na to pytanie eksperymentalnie nie da się znaleźć odpowiedzi. Dla rozstrzygnięcia problemu cząstek, zwanych dawniej elementarnymi, musiano zbudować urządzenia zużywające ogromne energie. Można obliczyć, że dla przeprowadzenia analogicznego eksperymentu ze stołem, albo nawet z jakimś kamieniem, trzeba by więcej energii niż jest jej zawartej w całej bryle ziemskiej. Nigdy takiego eksperymentu nie wykonamy.

Ale są poważni naukowcy, którzy powiadają, że jeśli tak jest z cząstkami tworzącymi atom, a wszystkie ciała, również te duże ciała niebieskie, są zbudowane z atomów, to sądzą, że nie istniałyby one gdybyśmy ich nie obserwowali. Tak powstała *partycypatywna wersja mocnej zasady antropicznej*, określająca istnienie człowieka jako konieczne dla pełnego, „wykończonego” istnienia Wszechświata. Odwraca ona pewne dawne poglądy teologiczne, że Wszechświat został stworzony dla potrzeb człowieka – na pogląd, że człowiek został stworzony (wersja teologiczna) lub że został wygenerowany (wersja agnostyczna) dla potrzeb Wszechświata.

Na koniec chcę tylko powiedzieć, że to wszystko, łącznie z wersją partycypatywną, dotyczy kosmologii opartej na zasadach kosmologicznych. Można

rozwijać alternatywną kosmologię w oparciu o goetheanistyczną teorię poznania i zbudowaną na niej metodologię, prowadzącą do innej metodyki badań kosmologicznych. Ale to temat na inny referat, na inną konferencję.

Abstract

Astronomy and Cosmology. Cosmological Principles and Models. Science and Metaphysics.

Astronomy has no such direct access to researched objects as theoretical physics. Cosmology must include the existence of “geometrical horizon”, from behind which no physical signal may reach us. Cosmology as a science was established at the border lines of astronomy, theoretical physics and philosophy. About twenty different cosmological principles are considered. Between science and metaphysics the anthropic principle (weak and strong) leads to conclusions, which until recently were reserved for theology. Here we deal with such questions as the existence of God’s creative purpose or the dependence of the existence of material bodies on being perceived by humans.

Nota o autorze

Konrad M. P. Rudnicki (1926-2013) był profesorem astronomii i teologii. Pracował w Uniwersytecie Warszawskim, a później w Obserwatorium Astronomicznym Uniwersytetu Jagiellońskiego – w latach 1984-89 był jego dyrektorem. Prowadził też badania w watykańskim obserwatorium astronomicznym w Castel Gandolfo. Specjalizował się w astronomii gwiazdowej, pozagalaktycznej, kosmologii oraz metodologii astronomii. Był członkiem prezydium Komitetu Historii Nauki i Techniki PAN. Oprócz ponad 150 prac i artykułów naukowych był współautorem podręcznika akademickiego „Astronomia gwiazdowa” i autorem wielokrotnie wznawianego szkolnego podręcznika do astronomii.