

STANISŁAW BUTRYN  
IFiS PAN

## DIALEKTYKA IDEI ZMIENNOŚCI I NIEZMIENNOŚCI WSZECHŚWIATA

Jednym z najbardziej istotnych elementów dialektycznej koncepcji rzeczywistości jest pogląd, że przyczynę powszechnego procesu zmienności, jakim objęta jest ta rzeczywistość, stanowi oddziaływanie wzajemne, „walka” przeciwstawnych sił, czynników i tendencji występujących w każdym przedmiocie i zjawisku. Ta własność przypisywana światu obiektywnemu jest wyrazem dialektyki obiektywnej. Odzwierciedleniem tej dialektyki w ludzkim myśleniu jest dialektyka subiektywna przejawiająca się, między innymi, w formułowaniu przeciwstawnych poglądów na temat tej samej sfery rzeczywistości.

Łatwo zauważyć, że nie jest możliwe udowodnienie, iż stanowisko takie jest słuszne w całej rozciągłości. Nie można udowodnić ani tego, że przyczyną zmienności jest zawsze oddziaływanie wzajemne przeciwieństw, ani też tego, że pojawienie się przeciwstawnych poglądów dotyczących tego samego obszaru rzeczywistości jest odbiciem dialektyki obiektywnej. Można natomiast pokazać, że dialektyka subiektywna w istocie jest obecna w ludzkim myśleniu. I to jest właśnie zadanie niniejszej pracy. Na przykładzie sporu o zmienność wszechświata spróbuję pokazać, że dialektyka ta występuje w procesie poznania filozoficznego i przyrodniczego.

Historia rozwoju kosmologii jest historią zmagania się przeciwstawnych poglądów, stanowisk i koncepcji kreślących zupełnie odmienne obrazy wszechświata. Szczególnie dobitnym przykładem takiej dialektyki przeciwstawnych idei jest spór o to, czy wszechświat ewoluuje, zmienia się i rozwija, czy też pozostaje niezmienny, zawsze taki sam. Spór ten pojawił się już wówczas, gdy kosmologia nie była jeszcze samodzielną nauką przyrodniczą, lecz stanowiła dział filozofii. W filozofii europejskiej symbolami diametralnych stanowisk w tym sporze są Herakliteski wariabilizm i filozofia eleatów.

Według Heraklita, cechą charakterystyczną tworzywa wszechświata — istniejącego wiecznie ognia, który zapala się według miary i według miary gaśnie — jest powszechna zmienność. We wszechświecie wszystko płynie, porusza się i zmienia, powstaje i znika. ’

Całkowicie odmienną wizję wszechświata stworzyli eleaci. Podstawą tej wizji była negacja wartości poznania zmysłowego i uznanie tworzonych przez rozum apriorycznych przesłanek ogólnych oraz rozumowania dedukcyjnego za jedyne źródło prawdziwej wiedzy. Eleaci głosili, że ruch, zmienność świata, o której mówią nam zmysły, to złudzenie. Czysto rozumowa analiza — twierdził Ksenofanes — wykazuje, że rzeczywis-

tość jest niezmienna, nic w niej nie powstaje, nie ginie, ani się nie porusza. Rozwijając tę myśl, Parmenides utrzymywał, że realnie istniejący byt nie może się poruszać, „... ponieważ przeznaczenie go tak zespoliło, że jest niepodzielny i nieruchomy. Dlatego mamy do czynienia tylko z pustymi nazwami, jakie ludzie nadali rzeczom w przekonaniu, że są prawdziwe, jak powstawanie i zanikanie, istnienie i nieistnienie, zmiana miejsca i zmiana jasnej barwy”<sup>1</sup>.

Dialektyka idei zmienności i niezmienności wszechświata wyraża się nie tylko w przeciwstawnych poglądach głoszonych przez różnych autorów, ale także w tym, że owe poglądy występują niekiedy w koncepcjach tego samego myśliciela. Z taką sytuacją mamy do czynienia np. w przypadku Arystotelesa. Stworzył on kosmologię opartą na przekonaniu o skończoności wszechświata i centralnym położeniu kulistej, nieruchomej Ziemi. Wszechświat Arystotelesa podzielony był na dwie strefy, na dwa światy o zasadniczo odmiennej naturze. Pierwsza strefa — to świat ziemski obejmujący Ziemię oraz jej najbliższe otoczenie, nazywany „dolnym”, sięgający do sfery Księżyca i dlatego nazywany również „podksiężycowym”. Druga strefa — to świat ciał niebieskich rozciągający się powyżej sfery Księżyca (świat „górny”, „nadksiężycowy”).

Świat ziemski zbudowany jest z czterech elementów (żywiółów): ziemi, wody, powietrza i ognia. Cechą charakterystyczną tego świata jest zmienność — nieustanne powstawanie i rozpad wszystkiego, co w tym świecie istnieje. Świat ciał niebieskich (niebo) zbudowany jest z piątego elementu — eteru. „Substancja, z której utworzone zostało niebo i gwiazdy, nazywa się eterem [... ] dlatego «krąży nieustannie» ruchem kolistym i jest żywiółem różnym od czterech pozostałych, czystym i boskim”<sup>2</sup>. W tej strefie wszechświata nic nie powstaje ani nic nie ginie, lecz wszystko trwa w wiecznie takiej samej, doskonałej postaci. Ciała niebieskie są bytami różniącymi się zasadniczo od zmiennych przedmiotów i zjawisk świata „podksiężycowego”: „Byty te są niezienne, nie podlegają żadnym wpływom, prowadzą najmiłsze i najbardziej niezależne życie przez całą wieczność”<sup>3</sup>.

Arystotelesowski wszechświat jako całość jest niezmienny. Niewielką oazę zmienności stanowi jedynie jego część centralna — Ziemia i jej najbliższe otoczenie. Ponieważ przedmiotem zainteresowań kosmologii są globalne albo przynajmniej wielkoskalowe własności wszechświata, zatem znaczenie kosmologiczne ma przede wszystkim pogląd Arystotelesa o niezmienności wszechświata. Pogląd ten jest organicznym elementem Arystotelesowskiego systemu filozoficznego. Sam zaś system jest niesłychanie rozbudowany i precyzyjny. Swoje wnioski Arystoteles uzasadnia za pomocą rozumowań niezwykle subtelnych i formalnie poprawnych, choć często opartych na fałszywych założeniach. Jednakże fałszywość wielu założeń filozofii Arystotelesa była przez wiele wieków niedostrzegalna, gdyż nie znano faktów, które by tym założeniom przeczyły. Urzekła natomiast logika i elegancja tego systemu. Powodowało to, że system ten cieszył się wielkim autorytetem. Traktowano go jako jednolitą całość i uważano, że jest generalnie prawdziwy. Tak więc pogląd o niezmienności wszechświata wspierał się na autorytecie całego Arystotelesowskiego systemu filozoficznego i jest rzeczą zrozumiałą, że

<sup>1</sup> *Filozofia starożytna Grecji i Rzymu. Wybrane teksty z historii filozofii*. Oprac. J. Legowicz, Warszawa 1970, s. 83.

<sup>2</sup> Arystoteles: *Meteorologia. O świecie*. Warszawa 1982, s. 151.

<sup>3</sup> Arystoteles: *O niebie*. Warszawa 1980, s. 39.

nie był kwestionowany dopóty, dopóki nie próbowano podważać prawdziwości tego systemu. Ale nawet wówczas, gdy pojawiły się wątpliwości co do prawdziwości niektórych elementów filozofii Arystotelesa i gdy pewne idee podstawowe dla Arystotelesowskiej kosmologii wręcz odrzucono jako błędne, pogląd o niezmienności wszechświata pozostał nienaruszony.

Począwszy od epoki Odrodzenia szybki rozwój nauk przyrodniczych, a zwłaszcza mechaniki, dostarczał faktów przemawiających na rzecz tezy o jedności praw rządzących wszystkimi sferami rzeczywistości i stawiał pod znakiem zapytania zasadność Arystotelesowskiego podziału wszechświata na dwie strefy zbudowane z zupełnie różnych substancji i rządzące się zgoła odmiennymi prawami. Kopernik wykazał, że Arystotelesowska geocentryczna koncepcja struktury wszechświata jest błędna. Newton dowodził, że z prawa ciężenia powszechnego wynika przestrzenna nieskończoność wszechświata. Ale w dalszym ciągu brak było danych świadczących o jego ewolucji i dlatego też aż do lat dwudziestych naszego stulecia w opinii zdecydowanej większości przyrodników i filozofów wszechświat uchodził za niezmienny. Można nawet powiedzieć, że do połowy XVIII wieku opinia taka panowała niepodzielnie, gdyż w tym okresie nie podejmowano żadnych prób podważenia tego obrazu skostniałego wszechświata.

Aż do końca lat dwudziestych naszego wieku dane obserwacyjne, którymi dysponowała astronomia, nie tylko nie potwierdzały idei ewolucji wszechświata, lecz wręcz odwrotnie, zdawały się jej przeczyć, gdyż nie zawierały niczego, co mogłoby świadczyć o istnieniu we wszechświecie jakichkolwiek systematycznych wielkoskalowych ruchów. Jak wskazuje H. Bondi, „dane astronomiczne z roku 1917 wskazywały, że wszystkie mierzone prędkości obiektów kosmicznych są małe w porównaniu z prędkością światła. Zgodnie z tym myślano, że ten statyczny układ przedstawia wszechświat w pierwszym przybliżeniu”<sup>4</sup>. To właśnie spowodowało, że Einstein, tworząc w 1917 roku pierwszy relatywistyczny model kosmologiczny, starał się za wszelką cenę nadać mu taką postać, aby przedstawiał on wszechświat statyczny<sup>5</sup>. Model kosmologiczny, który otrzymał Einstein w wyniku rozwiązania równań pola ogólnej teorii względności, dopuszczał zmienność wszechświata. Jednakże Einstein był przekonany, że wszechświat nie zmienia się w nieskończonym interwale czasowym. Możliwość zmienności wszechświata, którą dopuszczał jego model, uznał za wadę tego modelu wypaczającą rzeczywistą naturę kosmosu. Aby tę „wadę” usunąć, Einstein przyjął, że każde dwie masy we wszechświecie nie tylko przyciągają się, lecz również odpychają z siłą proporcjonalną do ich odległości wzajemnej.

Twórca teorii względności wprowadził tę nową siłę „odpychania kosmicznego” do swych równań pod postacią tak zwanego członu kosmologicznego oznaczonego symbolem  $\lambda_{\text{grav}}$ . Wartość tego członu była tak dobrana, że powstał słynny model statycznego, mającego niezmienny promień, skończonego, ale nieograniczonego jednorodnego i izotropowego wszechświata Einsteina. Zmienność wszechświata, sugerowaną przez równania ogólnej teorii względności, Einstein usunął ze swego modelu (a ściślej mówiąc, nie

<sup>4</sup> H. Bondi: *Kosmologia*. Warszawa 1965, s. 128.

<sup>5</sup> A. Einstein: *Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie*. „Sitzungsberichte Preussischen Akademie der Wissenschaften”, 1917, 1, s. 142-152.

dopuszczył do jej wystąpienia na gruncie tego modelu) za pomocą hipotezy *ad hoc* — albowiem za taką właśnie hipotezę należy uznać pogląd o istnieniu „odpychania kosmicznego”.

Jednakże w roku 1917 — tym samym roku, w którym Einstein stworzył swój statyczny model kosmologiczny — na gruncie kosmologii relatywistycznej pojawiła się również przeciwstawna w stosunku do tego modelu idea zmienności wszechświata. Nastąpiło to dzięki pracom W. de Sittera. Opierając się na tych samych równaniach, którymi posługiwał się Einstein, de Sitter skonstruował zupełnie odmienny model wszechświata. Wbrew przekonaniu Einsteina, który sądził, że równania pola zawierające dodatni człon kosmologiczny nie mają rozwiązań dla przestrzeni pustej, de Sitter znalazł takie rozwiązanie. W rezultacie powstał model wszechświata pustego, bez materii korpuskularnej, ze stałą dodatnią gęstością energii próżni. Dodatni człon kosmologiczny nadawał temu modelowi własność „ekspansywności” polegającą na tym, że umieszczone w nim cząstki materialne o znikomo małych masach (aby ich wzajemne przyciąganie grawitacyjne było zaniedbywalnie małe) musiałyby oddalać się od siebie z rosnącymi prędkościami. Pusty wszechświat de Sittera był wszechświatem ewoluującym, objętym globalnym procesem rozszerzania się.

Model de Sittera nie mógł jednak stanowić podstawy do odrzucenia tezy o niezmienności wszechświata i zastąpienia jej ideą wszechświata zmieniającego się, gdyż nie zawierał materii korpuskularnej, a zatem nie mógł uchodzić za opis rzeczywistego wszechświata, lecz tylko za konstrukcję czysto teoretyczną, wyrażającą jedną z możliwych konsekwencji równań Einsteina, która jednakże nie przybrała postaci rzeczywistości fizycznej. Sytuacja zmieniła się w roku 1922, gdy A. A. Friedman uzyskał nowe rozwiązania równań Einsteina opisujące wszechświat wypełniony materią, jednorodny i izotropowy. Okazało się, że taki wszechświat nie może być statyczny, lecz musi się zmieniać — rozszerzać się bądź kurczyć. Friedman udowodnił, że statyczny wszechświat Einsteina jest tylko wynikiem konkretnego rozwiązania równań grawitacyjnych dla modeli jednorodnych i izotropowych, natomiast w przypadku ogólnym rozwiązania zależą od czasu. Ponieważ opisują one średni rozkład materii w Metagalaktyce, można wyciągnąć stąd wniosek, że jest ona niestacjonarna. W przypadku braku gradientów ciśnienia i jakichkolwiek innych sił przeciwdziałających grawitacji, statyczność wszechświata jest niemożliwa. Jego zachowanie się jest określone przez siły ciężenia i warunki początkowe. Warunki te mogą być takie, że początkowe rozszerzanie się wszechświata może trwać nieograniczenie długo lub też może przekształcić się w proces kurczenia<sup>6</sup>. Friedman skonstruował dwie klasy modeli wszechświata zmieniającego się w czasie. Pierwsza klasa modeli — to modele wszechświata aperiodycznego, czyli hiperbolicznego, druga zaś — to modele wszechświata periodycznego, czyli pulsującego (oscylującego). Warto podkreślić, że Friedman traktował wszystkie te modele jako konstrukcje czysto matematyczne — jako kosmologiczne konsekwencje równań pola ogólnej teorii względności. Nie interesował go stosunek owych konstrukcji do rzeczywistego wszechświata.

Tak więc idea zmienności wszechświata pojawiła się na gruncie kosmologii relatywistycznej jako czysta teoretyczna konstrukcja matematyczna nie pretendująca do tego, aby

<sup>6</sup> *Fizika kosmosa*. Moskwa 1986, s. 98.

być odzwierciedleniem rzeczywistej własności wszechświata. Charakter tej idei niebawem uległ zmianie, bo oto w roku 1924 E. Hubble, stosując skomplikowane metody fotograficzne do obserwacji oddalających się mgławic odkrył, że te rzekome obłoki świecącego gazu są w istocie ogromnymi układami gwiazd o strukturze zbliżonej do struktury Drogi Mlecznej. Teraz stało się rzeczą jasną, że owe układy gwiazd nie są elementami naszej Galaktyki, lecz same są galaktykami, leżą poza obrębem Drogi Mlecznej i stanowią, podobnie jak ona, poszczególne punkty „wyspowej” struktury wszechświata. W roku 1929 Hubble odkrył, że prędkości ucieczki galaktyk są proporcjonalne do ich odległości. Prawidłowość ta, nazwana prawem Hubble’a, miała doniosłe znaczenie dla kształtowania się statusu idei zmienności wszechświata. Prawu Hubble’a przypisano charakter zależności uniwersalnej obowiązującej w całym wszechświecie, co prowadziło do wniosku, że wszystkie galaktyki we wszechświecie oddalają się od siebie z ciągle wzrastającymi prędkościami. Z tego zaś z kolei wynikało, iż cały wszechświat rozszerza się. A rozszerzanie się wszechświata to nic innego jak forma jego zmienności. Tak więc dzięki odkryciom Hubble’a idea zmienności wszechświata po raz pierwszy w całej swej historii uzyskała status twierdzenia uzasadnionego empirycznie.

Statyczny model wszechświata okazał się sprzeczny z danymi obserwacyjnymi. W świetle tego faktu Einstein uznał wprowadzenie członu kosmologicznego do równań pola grawitacyjnego za swój wielki błąd. Powracając później do tej sprawy w *Uzupełnieniu* do drugiego wydania swojej książki *Istota teorii względności* pisał: „Człon kosmologiczny nie zostałby nigdy wprowadzony, gdyby rozszerzanie się wszechświata odkryto w tym czasie, kiedy powstawała ogólna teoria względności. Wprowadzenie tego członu wydaje się zupełnie nieuzasadnione, skoro odpadł jedyny powód, dla którego ten człon był brany pod uwagę: trudność uzyskania naturalnego rozwiązania zagadnienia kosmologicznego”<sup>7</sup>.

Z chwilą odkrycia rozszerzania się wszechświata powszechny stał się pogląd o jego zmienności. Z porównania dwóch czynników: tempa rozszerzania się wszechświata i średniej gęstości materii we wszechświecie wynikało, że jego ekspansja ma charakter hiperboliczny. Wszechświat hiperboliczny jest zaś wszechświatem ewoluującym, gdyż zmiany lokalne, którym ulegają poszczególne obiekty i obszary tego wszechświata, są przejawem globalnego zjawiska przemian nieodwracalnych, przekształcających wszechświat jako całość. Wydawało się więc, że idea wszechświata niezmiennego została definitywnie odrzucona.

Sytuacja taka istniała do roku 1947. Rok później zmieniła się, gdyż idea wszechświata niezmiennego powróciła na grunt kosmologii dzięki pracom kosmologów angielskich H. Bondiego, T. Golda i F. Hoyle’a, którzy stworzyli teorie wszechświata stacjonarnego. Teorie te negują istnienie ewolucji wszechświata jako całości. Głoszą one, że zmieniać się, powstawać i ginąć mogą tylko poszczególne obiekty kosmiczne lub ich układy, natomiast wszechświat jako całość (lub nawet dowolny, dostatecznie duży jego fragment) pozostaje zawsze taki sam. Innymi słowy, wszechświat rozpatrywany w dostatecznie dużej skali nie zmienia się w czasie mimo zachodzących w nim lokalnych procesów ewolucyjnych.

<sup>7</sup> A. Einstein: *Istota teorii względności*. Warszawa 1962, s. 147.

Bondi, Gold i Hoyle nie negują nieodwracalnego rozszerzania się wszechświata. Na pierwszy rzut oka wydaje się, że taki wszechświat nie może być stacjonarny przede wszystkim dlatego, że niestannie maleje w nim średnia gęstość materii. A jednak w teoriach Bondiego, Golda i Hoyle'a rozszerzający się wszechświat pozostaje zarazem w stanie stacjonarnym. Jest to możliwe tylko dzięki temu, że przyjęli oni, iż w przestrzeni niestannie dokonuje się proces kreacji materii *ex nihilo*. Proces ten przebiega w takim tempie, że niweluje on zmniejszanie się gęstości wszechświata spowodowane jego rozszerzaniem się. W ten sposób, mimo ekspansji wszechświata, jego gęstość jest stała. Tempo kreacji materii jest takie, że w każdym decymetrze sześciennym objętości w ciągu  $5 \cdot 10^{11}$  lat powstaje średnio masa równa masie atomu wodoru. Procesu tego nie można bezpośrednio zaobserwować za pomocą środków, którymi dysponuje nauka współczesna.

Najsłabszym punktem teorii stanu stacjonarnego, budzącym największe sprzeciw przyrodników i filozofów, jest głoszona przez te teorie idea ciągłej kreacji materii z niczego. Sprzeciw te są zupełnie zrozumiałe, albowiem ta fundamentalna dla teorii wszechświata stacjonarnego idea pozostaje przecież w sprzeczności z podstawowym prawem fizyki — zasadą zachowania energii. Zwolennicy teorii wszechświata stacjonarnego bronią się przed tym zarzutem wskazując, że prawo to ma charakter empiryczny i zachowuje swój walor przy dzisiejszej dokładności pomiarów. Dokładność ta jest mała, toteż nie możemy zauważyć spowodowanego przez proces ciągłej kreacji materii odchylenia od aktualnej postaci tego prawa.

Teorie wszechświata stacjonarnego spotkały się z nieufnością i ostrą krytyką kosmologów i filozofów już w momencie swego powstania. Później jednak zdobyły sobie znaczne grono zwolenników. Natomiast obecnie wyraźnie zmniejszyło się ich znaczenie i atrakcyjność. Największy wpływ na spadek zainteresowania tymi teoriami miało to, że niektóre wynikające z nich wnioski okazały się sprzeczne z faktami empirycznymi.

Proces kreacji materii postulowany przez teorie wszechświata stacjonarnego, gdyby w istocie istniał, to chociaż niemożliwy do wykrycia dostępnymi obecnie środkami laboratoryjnymi, byłby wykrywalny pośrednio w skali kosmologicznej. Można by go mianowicie wykryć przez pomiar średniej gęstości materii we wszechświecie. Dane na ten temat, którymi dysponujemy obecnie, przemawiają zdecydowanie przeciwko hipotezie ciągłej kreacji materii. Jak wskazuje H. Alfvén, hipoteza ta implikuje, że średnia gęstość materii w Metagalaktyce jest stokrotnie większa, niż to wynika z najbardziej wiarygodnych obserwacji.

Nowe możliwości testowania teorii wszechświata stacjonarnego pojawiły się w roku 1963 z chwilą odkrycia kwazarów. Ogromna jasność tych obiektów powoduje, że możemy obserwować je do tak olbrzymich odległości, w których galaktyki dawno już przestają być widoczne. Tak więc dzięki kwazarom zwiększa się znacznie obszar dostępnego obserwacyjnie fragmentu wszechświata. Ma to istotne znaczenie dla testowania teorii kosmologicznych, w tym także teorii wszechświata stacjonarnego.

Z teorii tych wynika, że średnia gęstość przestrzenna wszelkich typów obiektów astronomicznych powinna być w całym wszechświecie niezmienna, a więc taka sama zarówno w odległej przeszłości, jak i w chwili obecnej. Oczywiście, dotyczy to także przestrzennego rozkładu kwazarów. Jak wiadomo, skończona prędkość rozchodzenia się

oddziaływań fizycznych powoduje, że obserwując obiekty coraz bardziej oddalone od nas, cofamy się zarazem w przeszłość wszechświata. Jeśli teorie stanu stacjonarnego są słuszne, to gęstość przestrzenna kwazarów zarówno bliskich, jak i bardzo odległych, powinna być taka sama. Obserwacyjne badania owej gęstości przeprowadzone przez jednego z odkrywców kwazarów — M. Schmidta, dały jednak rezultaty niezgodne z przewidywaniami tych teorii. Schmidt wykazał, że „gęstość przestrzenna kwazarów w odległości odpowiadającej przesunięciu ku czerwieni równemu 1 jest około 100 razy większa od gęstości w naszym najbliższym otoczeniu”<sup>8</sup>. Fakt ten przemawia przeciwko teoriom wszechświata stacjonarnego, świadczy bowiem o tym, że wszechświat (a przynajmniej ten jego fragment, który możemy obserwować) nie jest niezmienny, lecz ewoluuje od stanu większej gęstości materii ku stanom coraz większego rozrzedzenia.

Kolejnym ciosem w teorii stanu stacjonarnego było odkrycie promieniowania relikтового, które stanowi ważki argument na rzecz istnienia w historii wszechświata fazy rozwojowej, charakteryzującej się wielką koncentracją materii i wysoką temperaturą. Zwolennicy teorii wszechświata stacjonarnego usiłowali „zneutralizować” negatywne dla nich konsekwencje tego odkrycia przez odpowiednią modyfikację swych koncepcji. F. Hoyle i J. V. Narlikar wysunęli pogląd, że proces ciągłej kreacji materii przebiega w postaci wybuchów oddzielonych od siebie wielkimi odstępami czasowymi. W czasie tych wybuchów powstaje promieniowanie reliktowe. W okresach pomiędzy kolejnymi wybuchami wszechświat ewoluuje zgodnie z teorią wszechświata gorącego.

Jednakże modyfikacja ta nie zdołała uratować teorii wszechświata stacjonarnego. Nosi ona bowiem wszelkie znamiona hipotezy *ad hoc*, a ponadto nie likwiduje istotnych trudności teoretycznych i empirycznych, do których prowadzi idea kreacji materii. Jak wskazują J. B. Zeldowicz i I. D. Nowikow, jeśli rezultatem rzekomego procesu kreacji byłoby powstawanie par barion-antybarion, to w określonej ilości przypadków powinna następować anihilacja tych cząstek, zanim jakikolwiek mechanizm rozdzieli je przestrzennie. Rezultatem tego zjawiska powinno być promieniowanie anihilacyjne. Mimo specjalnych poszukiwań nie stwierdzono istnienia takiego promieniowania. Jeśli natomiast w wyniku kreacji powstawałyby tylko bariony, oznaczałoby to naruszenie zasady zachowania ładunku barionowego.

Dlatego też w opinii ogromnej większości kosmologów współczesnych opartej na całokształcie danych obserwacyjnych i poglądów teoretycznych, teorie wszechświata stacjonarnego uchodzą za obalone. Powoduje to, że również idea niezmienności wszechświata ma dziś niewiele zwolenników.

Dobitnym przykładem dialektyki idei zmienności i niezmienności wszechświata są modele wszechświata wiecznie oscylującego. Można przypuszczać, że filozoficznym źródłem tych modeli jest teoria wiecznych powrotów głosząca, że zmiany zachodzące we wszechświecie jako całości mają charakter kołowy (cykliczny), a więc obecna postać wszechświata nie istnieje jeden jedyny raz, lecz powtarzała się i będzie się powtarzać nieskończoną ilość razy, przy czym za każdym razem była i będzie dokładnie taka sama. Jednakże w odróżnieniu od teorii wiecznych powrotów, modele wszechświata oscylującego nie zawierają założeń o identyczności analogicznych stanów wszechświata

<sup>8</sup> D. W. Sciamia: *Kosmologia współczesna*. Warszawa 1975, s. 128.

w poszczególnych cyklach jego rozwoju, Zakładają jedynie podobieństwo kolejnych faz rozszerzania się i kurczenia wszechświata oraz na ogół przyjmują obowiązujące tych samych praw przyrody.

Do niedawna uważano, że modele oscylacyjne są nieaktualne i mają jedynie wartość historyczną, gdyż prowadzą do takich istotnych trudności, jak sprzeczność z drugą zasadą termodynamiki, czy sprzeczność z wnioskami wynikającymi z aktualnych szacunków średniej gęstości materii we wszechświecie. Gęstość ta jest 20-30 razy mniejsza od gęstości krytycznej, co świadczy o hiperbolicznym charakterze rozszerzania się wszechświata.

Ostatnio jednak zainteresowanie tymi modelami ponownie wzrasta. Główną tego przyczyną jest stworzenie koncepcji kwantowego powstania wszechświata. Wyrazem owego zainteresowania są prace M. A. Markowa<sup>9</sup>, w których podejmuje on próbę stworzenia nowej, współczesnej wersji modelu wszechświata wiecznie oscylującego opartej na najnowszych koncepcjach fizycznych. Jaka to własność koncepcji kwantowego powstania wszechświata spowodowała, że modele wszechświata wiecznie oscylującego stały się znowu atrakcyjne? Jak wskazuje Markow, własnością tą jest to, że w rezultacie kwantowych narodzin może powstać tylko wszechświat zamknięty. A skoro dynamiczny, rozszerzający się wszechświat jest zamknięty, to musi on być zarazem wszechświatem oscylującym, w procesie jego ewolucji muszą następować kolejno po sobie fazy ekspansji i kontrakcji.

Markow doskonale zdaje sobie sprawę ze wspomnianych wyżej trudności występujących na gruncie modeli wszechświata wiecznie oscylującego. Niemniej jednak uważa, że zasadniczo nowe koncepcje fizyczne, które pojawiły się ostatnio, zmieniające radykalnie klasyczny obraz najwcześniejszego stadium ewolucji wszechświata, pozwalają przezwyciężyć te trudności. Do koncepcji tych Markow zaliczą:

1. Pogląd o decydującej roli efektów kwantowych we wczesnym wszechświecie.
2. Przekonanie, że początkowy stan wszechświata ( $t=0$ ), to wszechświat de Sittera. W takim wszechświecie nie obowiązuje zasada dominacji energii (*energy dominance principle*). Warto tu dodać, że zasada ta nazywana też „rozsądnym (albo mocnym) warunkiem energetycznym”, jest postulatem żądającym, aby suma lokalnej gęstości energii i ciśnienia nie była mniejsza od zera. Postulat ten jest jednym z warunków, który zgodnie z twierdzeniem Hawkinga-Penrose'a o osobliwościach musi spełniać czasoprzestrzeń, ażeby występowały w niej osobliwości. Ponieważ we wszechświecie de Sittera o rozmiarach Planckowskich (Markow nazywa go również „mikrowszczęświatem de Sittera”) warunek ten nie jest spełniony, zatem w chwili początkowej wszechświat ten nie jest osobliwy. Co więcej, wszechświat de Sittera jest niestabilny, w pewnym sensie przypomina on stan przegrzanej cieczy. W takim stanie istnieje możliwość szybkiego wytworzenia materii korpuskularnej i przekształcenia wszechświata de Sittera we wszechświat Friedmana.
3. Pojawienie się idei, że na skrajnie małych odległościach oddziaływania grawitacyjne są asymptotycznie swobodne.

<sup>9</sup> M. A. Markow: *Some remarks on the problem of very early universe*. Moscow 1982; M. A. Markow: *Problems of perpetually oscillating Universe*. „Annals of Physics” 1984, vol. 155, No 2.



4. Przekonanie, że w pierwszych momentach historii wszechświata zachodzi proces wytwarzania materii w formie ciężkich cząstek elementarnych „maksymonów” i że w chwili początkowej wszechświat mógł być zimny, a dopiero szybka transformacja maksymonów w zwykłą materię doprowadziła do wielkiego wybuchu i do wszechświata gorącego. Dzięki temu przekonaniu znalazła rozwiązanie pozostająca do niedawna bez odpowiedzi kwestia dotycząca stanu materii w pierwszych chwilach ewolucji wszechświata.

5. Głębsze zrozumienie ważności rozwiązania tak zwanego problemu horyzontu. Problem ten polega na tym, że jednorodność i izotropia naszego wszechświata w wielkiej skali wymagają realizacji związku przyczynowego w bardzo wczesnym wszechświecie. Rozwiązanie problemu horyzontu nakłada zasadnicze warunki na model takiego wszechświata.

Opierając się na tych koncepcjach, Markow konstruuje model wiecznie oscylującego wszechświata z mechanizmem, który w procesie kolapsu transformuje wszechświat Friedmana we wszechświat de Sittera. Jest to model nie zawierający osobliwości.

Wedle Markowa, przedstawione wyżej trudności modeli wszechświata wiecznie oscylującego występują tylko wówczas, jeśli w stanie maksymalnej kontrakcji wszechświata nie dzieje się nic „niezwykłego” z materią, entropią i energią grawitacyjną. Znikają one natomiast, jeżeli w stanie tym spełniony jest sformułowany przez autora warunek „niezwykłości”. Warunek ten głosi, że wszechświat powinien wychodzić ze stanu maksymalnej kontrakcji przynajmniej średnio z jedną i tą samą masą  $M_0$ . Wystarczy to, ażeby maksymalny promień wszechświata nie zwiększał się z oscylacji na oscylację.

Markow zastanawia się, czy możliwy jest taki model wszechświata oscylującego, w którym stan maksymalnej kontrakcji spełniałby specyficzną rolę „czyścica” oczyszczającego wszechświat od „nadmiernej” masy i entropii, którą uzyskał on w trakcie poprzedniej ekspansji i kontrakcji. W stanie tym wszechświat byłby również wolny od osobliwości. Zdaniem Markowa, model taki jest możliwy. Jest to model, w którym wszechświat w stanie maksymalnej kontrakcji przybiera postać mikrowszczęświata de Sittera. Model ten ma również właściwości wspomnianego wyżej „czyścica”.

Jak przebiega ewolucja wszechświata w tym modelu? Obecnie nasz wszechświat, który jest wszechświatem prawie zamkniętym o masie całkowitej równej masie maksymonu, rozszerza się (antykolapsuje). Gdy proces ten osiągnie swoje maksimum, wszechświat zacznie się kurczyć. W pewnym momencie jego promień będzie równy w przybliżeniu  $10^{-13}$  cm. W toku dalszego kurczenia się gęstość masy będzie stała, ale całkowita masa wszechświata będzie się zmniejszać dzięki słabnięciu oddziaływań grawitacyjnych, którego przyczyną jest specyficzna własność swobody asymptotycznej. Stadium to Markow nazywa swoistą fazą stacjonarną w procesie ewolucji wszechświata. Zmniejszanie się masy wszechświata nie może doprowadzić do jego całkowitego zniknięcia, gdyż jest to zabronione przez zasadę zachowania jego masy zewnętrznej. W końcowym stadium kontrakcji wszechświat staje się wszechświatem de Sittera o rozmiarach Planckowskich.

Wedle Markowa, właśnie faza stacjonarna i stadium de Sittera spełniają w procesie ewolucji wszechświata funkcję „czyścica”, każdorazowo oczyszczając wszechświat z entropii i energii nagromadzonych w trakcie stadium Friedmana. Funkcja ta ma kluczowe

znaczenie dla modelu Markowa, albowiem jest ona warunkiem koniecznym istnienia wszechświata wiecznie oscylującego.

Modele wszechświata oscylującego stanowią swoiste dialektyczne połączenie przeciwnych idei zmienności i niezmienności wszechświata. Wszechświat w tych modelach jest zarazem zmienny i niezmienny. Obserwowany w dowolnym momencie czasowym zmienia się — rozszerza lub kurczy, jego średnia gęstość zmniejsza się lub zwiększa. W stadium rozszerzania się powstają coraz bardziej złożone struktury materialne: cząstki elementarne, jądra atomowe, atomy, gwiazdy, planety, galaktyki, gromady galaktyk, gromady gromad, nieorganiczne związki chemiczne, związki organiczne, życie i najwyższy ze znanych nam jego wytworów — człowiek. W fazie kurczenia się struktury te (poczynając od najbardziej złożonych) ulegają dezintegracji. Rozszerzanie się — to wstępująca gałąź w procesie ewolucji wszechświata; kurczenie się — to gałąź zstępująca.

Ale wszechświat rozpatrywany w skali czasowej obejmującej okres, w którym dokonała się przynajmniej jedna pełna oscylacja — czyli rozszerzanie się od stanu maksymalnej koncentracji materii, osiągnięcie maksymalnego promienia, kurczenie się aż do ponownego osiągnięcia stanu maksymalnej koncentracji materii — okazuje się niezmienny, gdyż każdorazowo w stanie maksymalnej koncentracji materii skutki zmienności wszechświata ulegają likwidacji i wszechświat ciągle powraca do wyjściowego stadium swojej ewolucji.

Trzeba jednak pamiętać, że wszechświat w momencie, gdy kurcząc się osiąga rozmiary Planckowskie ( $10^{-33}$  cm), jest obiektem kwantowym i jako taki podlega zasadzie nieoznaczoności Heisenberga. Konsekwencją tego jest każdorazowa nieokreśloność niektórych jego parametrów fizycznych. To zaś z kolei może powodować, że procesy zachodzące we wszechświecie w różnych oscylacjach nie będą identyczne. Gdyby tak było, to można byłoby mówić o zmienności wszechświata oscylującego. Jednakże w tej zmienności byłby przynajmniej jeden element niezmienny, a mianowicie występowanie oscylacji.

Powstaje teraz pytanie, czy przedstawioną wyżej nową wersję modelu wszechświata wiecznie oscylującego, którą stworzył Markow, można uważać za należyte uzasadnioną?

Odpowiadając na to pytanie chciałbym przede wszystkim zwrócić uwagę na to, że nowe koncepcje fizyczne leżące u podstaw modelu Markowa nie wyszły jeszcze poza fazę wstępnego opracowania. Obecnie większość z nich ma status poglądów o wiele bardziej przypominających nie udokumentowane domysły aniżeli rozwinięte i wiarygodne teorie fizyczne. Koncepcje te postulują radykalne zmiany własności materii w początkowym stadium ewolucji wszechświata. Przejawem tych zmian są zmiany podstawowych stałych fizycznych (np. stałej grawitacyjnej), zmiany własności cząstek elementarnych i w ogóle zmiany samych praw fizyki. Sugestia, że w warunkach, jakie istniały we wczesnym wszechświecie, tak zasadniczo odmiennych od warunków panujących we wszechświecie dzisiejszym, można oczekiwać zmian własności materii czy też ujawnienia się jej nowych nie znanych nam dotychczas cech, jest niewątpliwie słuszna. Można przypuszczać, że we wczesnym wszechświecie będą spełnione różne — mówiąc słowami Markowa — „warunki niezwykłości”. Problem polega tylko na tym, że dziś nauka nie jest w stanie stwierdzić kategorycznie, jaka będzie treść tych warunków. Niemożność ta determinuje również, siłą rzeczy, status „warunku niezwykłości” Markowa. Warunek ten jest jedynie przypuszczeniem pozbawionym wiarygodnego uzasadnienia. A skoro tak, to pod

znakiem zapytania należy postawić również proponowany przez Markowa mechanizm chroniący wszechświat przed wzrostem masy oraz entropii i warunkujący istnienie wszechświata wiecznie oscylującego. Tak więc model Markowa nie może być uważany za zadowalające rozwiązanie problemu wielkoskalowych przeobrażeń wszechświata. Model ten jest niewątpliwie interesującą próbą rozstrzygnięcia tego zagadnienia. Ale rzeczywistą wartość tej próby będzie można należycie ocenić dopiero wówczas, gdy leżące u jej podstaw założenia teoretyczne lub ich konsekwencje zostaną skonfrontowane z doświadczeniem.

Aktualny stan wiedzy kosmologicznej nie pozwala wprawdzie na definitywne rozstrzygnięcie sporu o to, czy wszechświat się zmienia czy też pozostaje niezmienny. Nie znaczy to jednak, że w świetle tej wiedzy obydwie przeciwstawne stanowiska w tym sporze są równie zasadne. Kosmologia współczesna przemawia zdecydowanie na rzecz idei zmienności wszechświata. Idea ta uzyskuje coraz mocniejsze podstawy teoretyczne i empiryczne. Konsekwencją tego faktu jest modyfikacja pytania o zmienność wszechświata. Dziś na ogół kosmologowie nie pytają czy wszechświat się zmienia, lecz interesuje ich to, jak on się zmienia, jakie są specyficzne cechy i prawa tej zmienności, jak głęboko sięga owa zmienność, czy jej domeną jest wyłącznie poziom zjawisk, czy też obejmuje ona także poziom praw i najbardziej podstawowych własności materii, których wyrazem są stałe fizyczne.

Gdyby jednakże przyjąć, że formułowanie przeciwstawnych poglądów na temat zmienności wszechświata, owa konkretna forma dialektyki subiektywnej ma w istocie uwarunkowanie obiektywne, jest odbiciem pewnych własności wszechświata określanych mianem dialektyki obiektywnej, to w konsekwencji należałoby również stwierdzić, że spór o to czy wszechświat się zmienia, czy też nie, będzie trwał wiecznie jako konkretny wyraz dialektyki ludzkiego procesu poznania rozwijającego się poprzez formułowanie przeciwstawnych idei i przewyżczanie zaistniałych sprzeczności drogą konfrontacji treści tych idei z doświadczeniem. A zatem, współczesną przewagą idei zmienności wszechświata należałoby traktować jako przejściową i oczekiwać, że w przyszłości sytuacja się zmieni i przewagę zdobędzie idea niezmienności wszechświata. W każdym razie trzeba byłoby przyjąć, że obydwie te idee będą stałymi elementami wiedzy kosmologicznej i jedna z nich nigdy nie zostanie definitywnie wyparta z terenu kosmologii przez drugą.

Czy stanowisko takie jest słuszne? Zanim spróbuję odpowiedzieć na to pytanie, chciałbym zwrócić uwagę na pewną istotną dla tej kwestii sprawę. Otóż wydaje się, że przeciwstawne rozwiązania takiego fundamentalnego zagadnienia, jakim jest problem zmienności wszechświata, mogą pojawiać się tylko w określonej sytuacji epistemologicznej, a mianowicie wówczas, gdy ludzka wiedza o wszechświecie jest w istotnych punktach niekompletna i niepewna. Jeśli natomiast wiedza ta jest w pełni wystarczająca do odzwierciedlenia najbardziej istotnych własności wszechświata, a przy tym dostatecznie wiarygodna, to występowanie tego rodzaju przeciwstawnych rozwiązań nie wydaje się możliwe. A skoro tak, to ocena słuszności przedstawionego wyżej stanowiska zależy od oceny perspektyw rozwojowych kosmologii, od tego czy uznamy, że w wyniku rozwoju tej nauki wiedza o wszechświecie stanie się w takim stopniu kompletna i wiarygodna, że umożliwi jednoznaczny opis podstawowych własności wszechświata, czy też dojdziemy do przekonania, że niekompletność i niepewność to nieprzewycięzalne cechy wiedzy kosmologicznej uwarunkowane pewnymi ontologicznymi własnościami wszechświata.

W rozważaniach najwybitniejszych współczesnych badaczy wszechświata znaleźć można argumenty zarówno na rzecz pierwszego, jak i drugiego przekonania. Pierwsze przekonanie uzasadniają rozważania Hawkinga. Wskazuje on, że gdybyśmy chcieli scharakteryzować proces poznania wszechświata na podstawie dotychczasowego przebiegu tego procesu, to mielibyśmy pełną podstawę aby stwierdzić, że przebiega on zgodnie z ideą głoszącą, że nie istnieje żadna ostateczna teoria wszechświata, lecz tylko nieskończony szereg coraz doskonalszych teorii opisujących wszechświat w sposób coraz bardziej dokładny. Szczególnie spektakularnym przykładem takiego szeregu teorii są teorie opisujące coraz głębsze, coraz bardziej elementarne poziomy struktury materii odkrywane przez fizykę. Hawking podkreśla, że można oczekiwać odkrycia kolejnych „warstw” struktur bardziej elementarnych niż kwarki i elektrony, które dzisiaj uważa się za cząstki „elementarne”. Ale zarazem sądzi, że pewne specyficzne cechy grawitacji pozwalają przypuszczać, że istnieje zarówno kres ciągu struktur materii mieszczących się jedna w drugiej niczym pudełka w pudełku, jak i koniec ciągu teorii wszechświata. „Wydaje się jednak — pisze Hawking — że grawitacja może położyć kres temu ciągowi «pudełek w pudełku». Gdyby istniała cząstka o energii większej niż tak zwana energia Plancka, równa 10 miliardom miliardów GeV (1 z 19 zerami), to jej masa byłaby tak bardzo skoncentrowana, iż cząstka oddzieliłaby się od reszty Wszechświata i utworzyła małą czarną dziurę. Można więc mniemać, że ciąg coraz dokładniejszych teorii powinien zbliżać się do ostatecznej granicy, w miarę jak badamy coraz większe energie, a tym samym powinna istnieć ostateczna teoria Wszechświata”<sup>10</sup>. Zdaniem Hawkinga, istnieje poważna szansa, że taka kompletna, jednolita teoria zostanie stworzona jeszcze w ciągu życia obecnego pokolenia<sup>11</sup>.

Wprawdzie Hawking podkreśla, że nawet stworzenie takiej teorii nie wyposaży nas w absolutnie pełną wiedzę o wszechświecie i nie pozwoli na przewidywanie wszystkich zdarzeń, albowiem, po pierwsze, dokładność przewidywań jest ograniczona przez zasadę nieoznaczoności, a po drugie, równania tej teorii będą tak skomplikowane, że potrafimy je rozwiązać tylko dla najprostszych sytuacji. Niemniej jednak wolno przypuszczać, że ostateczna teoria wszechświata stworzy nową sytuację epistemologiczną, w której nie będzie miejsca na koegzystencję przeciwstawnych poglądów na temat zmienności wszechświata.

Argumentów wspierających drugie przekonanie dostarczają poglądy I. Prigogine’a oraz I. Stengers. Jednym z podstawowych elementów ich stanowiska jest pogląd o zasadniczej odmienności nauki współczesnej od nauki klasycznej. Na czym polega owa odmienność? Przede wszystkim na tym, że nauka współczesna uwolniła się od pewnych założeń przyjętych w nauce klasycznej. „Ogólnie mówiąc — od tych, które dotyczą podstawowego w nauce klasycznej przeświadczenia, że na pewnym poziomie organizacji świat jest prosty i rządzi nim fundamentalne prawa, zachowujące moc, bez względu na kierunek strzałki czasu”<sup>12</sup>. Zdaniem Prigogine’a i Stengers, uświadomienie sobie rzeczywistej roli jaką odgrywa czas w otaczającym nas świecie, było przyczyną stworzenia

<sup>10</sup> S. W. Hawking: *Krótką historia czasu*. Warszawa 1990, s. 155.

<sup>11</sup> Tamże, s. 156.

<sup>12</sup> I. Prigogine, I. Stengers: *Z chaosu ku porządkowi*. Warszawa 1990, s. 22.

nowego obrazu świata. „Ujrzeliśmy wokół siebie świat, w którym odwracalność i determinizm obowiązują jedynie w prostych, ograniczonych pewnymi warunkami przypadkach, natomiast nieodwracalność i losowość są prawem nadrzędnym”<sup>13</sup>. W odróżnieniu od świata nauki klasycznej, automatu działającego zgodnie z deterministycznymi prawami przyczynowymi, świat nauki współczesnej jawi nam się jako objęty procesem samorzutnej aktywności nacechowanym nieodwracalnością. Konsekwencją tych różnic w obrazach świata nauki klasycznej i nauki współczesnej są też różnice w opisach tych światów. Nauka klasyczna dążyła do uzyskania „przejrzystej” wizji świata fizycznego, natomiast nauka współczesna „... zmierza ku swego rodzaju «nieprzejrzystości»».

Łatwo zauważyć, że jeśli przyjmujemy, iż nadrzędnym prawem rządzącym wszechświatem jest losowość, że na żadnym poziomie organizacji nie jest on prosty i że wiedza o nim z natury rzeczy musi być „nieprzejrzysta”, to w takiej sytuacji możliwe jest formułowanie przeciwstawnych poglądów na temat zmienności wszechświata, choć w samej koncepcji I. Prigogine’a i I. Stengers wszechświat jest zmienny, objęty procesem nieodwracalnej ewolucji, w toku której powstają ciągle nowe układy różniące się pod względem jakościowym.

Jak w świetle powyższych rozważań wygląda problem słuszności rozpatrywanego tu stanowiska? Wydaje się, że w chwili obecnej zagadnienie: czy stanowisko to jest słuszne czy też nie, jest sprawą otwartą. Argumenty, które zostały tu przedstawione niczego nie przesądzają, ujawniają natomiast nowe przykłady dialektyki subiektywnej — przeciwstawność poglądów na pewne istotne własności wszechświata i naturę procesu jego poznawania.

<sup>13</sup> Tamże, s. 23.

<sup>14</sup> Tamże, s. 331.