ks. dr Dariusz Dąbek
Wydział Filozofii KUL

CZYNNIK EMPIRYCZNY W KOSMOLOGIACH GLOBALNYCH

1. WPROWADZENIE

W filozoficznej refleksji nad uprawianiem nauki dyskutowana jest rola czynnika empirycznego i teoretycznego. W dyscyplinach pretendujących do budowania globalnego obrazu rzeczywistości fizycznej, czynnik teoretyczny wydaje się obecnie dominować tak mocno, że panuje przekonanie o możliwości konstruowania obrazów całkowicie pomijających dane obserwacyjne. Bezpośrednie analizy tych dyscyplin, głównie kosmologii, prowadzą jednak do wniosku, że nawet bardzo teoretyczne modele są mocno związane z wiedzą empiryczną.

Celem artykułu jest zweryfikowanie tej tezy w oparciu o materiał historyczny dotyczący tworzenia kosmologii dedukcyjnej. Przeprowadzone w tym względzie analizy pokazują, że w przypadku dwóch najczęściej przytaczanych przykładów tego typu kosmologii, tzn. teorii Milne'a i teorii stanu stacjonarnego, dane empiryczne odgrywały ważną rolę.

Czynnik empiryczny jest jednym z istotnych elementów każdej nauki przyrodniczej. Rola, jaką ten czynnik odgrywa w poszczególnych etapach badania naukowego[1], zależy w znacznym stopniu od przyjętej koncepcji uprawiania nauki. Zależność tę ilustruje przykład kosmologii. Współcześnie uważa się, że istnieją dwa sposoby jej uprawiania: „oddolny" (ekstrapolujący) i „odgórny" (dedukcyjny)[2]. Mówi się też, że kosmologia stosuje przede wszystkim metodę ekstrapolacji i metodę aksjomatyczno-dedukcyjną[3]. Używa się również określeń: „pierwsza droga" (*first way*) i „druga droga" (*second way*)[4].

---

[1] Dominująca we współczesnej metodologii problemowa koncepcja badania naukowego wyróżnia cztery fazy: 1º generowanie, 2º funkcjonowanie, 3º testowanie, 4º podejmowanie decyzji. Dawniej (za H. Reichenbachem) wskazywano jedynie na dwa etapy: kontekst odkrycia i kontekst uzasadniania. Z. Hajduk, *Filozofia przyrody. Filozofia przyrodoznawstwa. Metakosmologia*, Lublin 2004, 105.

[2] H. Bondi, *Kosmologia*, tłum. z ang. E. i A. Białas, Warszawa 1965, 11-17.

[3] S. Mazierski, *Charakterystyka i kierunki rozwoju kosmologii przyrodniczej*, Roczniki Filozoficzne 18(1970)3, 13-25.

[4] Po raz pierwszy określeń tych użył R.C. Tolman. W dyskusji pomiędzy zwolennikami i przeciwnikami rodzącego się w kosmologii nurtu dedukcyjnego, obydwa terminy, obok treści nawiązującej do kolejności czasowej, zawierały bardzo często także element wartościujący. Niektórzy indukcjoniści nie ograniczali się do wykazywania wyższości „pierwszej drogi", lecz zdecydowanie opowiadali się za tym, że jest to j e d y n y właściwy sposób uprawiania jakiejkolwiek nauki przyrodniczej. R.C. Tolman, *Models of the Physical Universe*,

Kosmologia pierwszego typu wykorzystuje metodę ekstrapolowania lokalnych praw przyrody na cały Wszechświat, wspartą obserwacjami wielkoskalowych struktur Kosmosu.[5] Zakłada się w niej, że przebieg zjawisk nie zależy od miejsca i czasu ich występowania, a opisujące je prawa są niezmiennicze względem wyboru układu odniesienia.[6] Jest to bardzo silne założenie, które wymaga uzasadnienia.[7]

W drugim podejściu, z przyjętych postulatów dotyczących globalnej struktury Wszechświata wyprowadza się dedukcyjnie obserwowalne lokalnie konsekwencje. Sformułowanie takich postulatów jako roboczych hipotez dokonuje się zwykle na podstawie wiedzy przyrodniczej. Możliwość porównania wyprowadzonych wniosków z wynikami obserwacji powoduje, że postulaty te stają się testowalne, a więc zyskują status wiedzy naukowej.[8]

Dokonywanie ścisłego podziału teorii kosmologicznych na ekstrapolacyjne i dedukcyjne nie jest w pełni zasadne, gdyż faktyczne procedury badawcze współczesnej kosmologii zawierają elementy obydwu sposobów jej uprawiania. Kosmologie pierwszego typu przyjmują pewne założenia dotyczące struktury globalnej (np. zasada kosmologiczna) i dedukcyjnie wyprowadzają z nich tzw. obserwable. Z kolei kosmologie dedukcyjne formułują swe podstawowe postulaty w pewnym stopniu w oparciu o znane prawa empiryczne i uzupełniają je założeniami fizyki ziemskiej. W związku z tym, powinno się raczej mówić o kosmologiach z przewagą jednej lub drugiej metody. Pamiętając o tym zastrzeżeniu kosmologię relatywistyczną i newtonowską (neonewtonowską) można uznać za ekstrapolacyjną, a kosmologię Milne'a i teorię stanu stacjonarnego w wersji Bondiego i Golda za dedukcyjną.[9]

Science 75(1932), 367-373; G. Gale, N. Shanks, *Methodology and the Birth of Modern Cosmology*, Studies in History and Philosophy of Modern Physics 27(1996)B, 279-296.

[5] M. Tempczyk, *Kosmologia jako samodzielna nauka przyrodnicza*, Człowiek i Światopogląd 11(1986), 74-89.

[6] J. Such, *O uniwersalności praw nauki*, Warszawa 1972, 255.

[7] Bondi zwraca uwagę, że w takim podejściu do kosmologii pojawia się pewna trudność. Prawa fizyki ziemskiej można zmodyfikować w taki sposób, że wprowadzone zmiany będą lokalnie nieobserwowalne, lecz bardzo ważne w wielkiej skali. Przykładem takiego zabiegu może być zmiana prawa grawitacji polegająca na wprowadzeniu proporcjonalnego do odległości współczynnika odpychania, całkowicie zaniedbywalnego w naszym Układzie Słonecznym. Współczynnik taki miałby ogromne znaczenie kosmologiczne, a przy tym byłby całkowicie niesprawdzalny lokalnie. H. Bondi, *Some Philosophical Problems in Cosmology*, w: *British Philosophy in the Mid-Century*, red. C.A. Mace, London 1957, 195-201. Ilustracją tego słabego punktu metody ekstrapolacyjnej może być prowadzony od kilkudziesięciu lat spór o stałą kosmologiczną. D. Goldsmith, *Największa pomyłka Einsteina? Stała kosmologiczna i inne niewiadome w fizyce Wszechświata*, tłum. z ang. B. Bieniok, E.L. Łokas, Warszawa 1998.

[8] M. Tempczyk, *Kosmologia jako samodzielna nauka przyrodnicza*, art. cyt., 80-81.

[9] Dominujący współcześnie nurt relatywistyczny uznaje pierwszeństwo fizyki w stosunku do kosmologii. Stanowisko to jest przyjmowane (najczęściej w sposób milczący) przez większość uczonych uprawiających ten nurt badań. Okazuje się jednak, że podstawowych założeń fizyki nie da się utrzymać bez wcześniejszego

W niniejszym artykule podjęte zostanie zadanie ukazania roli czynnika empirycznego w teoriach kosmologicznych drugiego typu. Sposobem realizacji tak wyznaczonego celu będzie próba odpowiedzi na pytanie, czy — a jeśli tak, to w jakim stopniu i w jaki sposób — na poszczególnych etapach konstruowania i uzasadniania tych teorii wykorzystywane były dane empiryczne.

Użyty w tytule termin „kosmologie globalne" na oznaczenie dedukcyjnych teorii kosmologicznych odnosi się nie do zakresu przedmiotu badań, gdyż przy takim rozumieniu każda kosmologia jest dyscypliną globalną, a fizyka lokalną, lecz do charakteru wiedzy przyjmowanej w punkcie wyjścia tych teorii w postaci bardzo ogólnych założeń dotyczących globalnych własności Wszechświata.

Podjęte rozważania warto umieścić w szerszej perspektywie aksjologii epistemicznej, w kontekście toczonego współcześnie sporu o podstawowe wartości poznawcze, rozumiane nie tylko jako cel nauki (prawdziwość, wyjaśnianie, użyteczność), lecz również jako pewne kwalifikacje jej wytworów (empiryczność, moc eksplanacyjna, moc projektywna).[10] Problem kryteriów stosowanych w nauce jest współcześnie doniosły i dyskutowany.[11]

W realizacji postawionego celu wykorzystany został aspektywnie ujęty materiał faktyczny z historii kosmologii (Milne'a i stanu stacjonarnego) w ramach czasowych wyznaczonych początkiem kosmologii dedukcyjnej (1932) i odkryciem promieniowania tła (1965). Analiza tego materiału pozwala wskazać na swoiste miejsce czynnika empirycznego w kosmologiach uważanych (Mazierski) za przykład teorii apriorycznych.

Aby pełniej zrozumieć sposób funkcjonowania czynnika empirycznego w konkretnych teoriach kosmologicznych wydaje się zasadne przynajmniej szkicowe zarysowanie tej problematyki wypracowanej na gruncie współczesnej filozofii nauki.

Czynnik empiryczny w naukach przyrodniczych stanowi element bardzo istotny, gdyż teoriom naukowym, które chcą opisywać realny świat, zapewnia kontakt z rzeczywistością. Dane empiryczne stanowią ważny czynnik naukotwórczy, gdyż są wykorzystywane nie tylko w procedurach sprawdzania teorii, ale również dochodzenia do nich, ich oceny, akceptacji i

---

przyjęcia pewnych założeń dotyczących całego Wszechświata, np. określenia własności czasu i przestrzeni. H. Bondi, *Kosmologia*, dz. cyt., 13, 183, 198n; M. Tempczyk, *Związek fizyki z kosmologią*, Studia Filozoficzne 2(1988), 55-66.

[10] B. Tuchańska, *Wartości w nauce: trzy ujęcia*, w: *Wiedza a wartości*, red. H. Motycka, Warszawa 2001, 67-81.

[11] Z. Hajduk, *Wartości epistemiczne: aktualne kontrowersje w aksjologii nauki*, Roczniki Filozoficzne 50(2002)1, 165-184; A. Jonkisz, L. Koj, *On Comparing and Evaluating Scientific Theories*, Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities, Amsterdam-Atlanta 72(2002); H. Lacey, *Is Science Value Free? Values and Scientific Understanding*, London 1999.

zastępowania jednych teorii drugimi.[12]

Walor tego czynnika jest zrelatywizowany do modelu nauki. W skrajnym kumulatywizmie znaczenie doświadczenia w nauce jest absolutyzowane. Fakty traktowane są w nim jako bezteoretyczne niezmienniki wiedzy. Szczególnie w pozytywistycznej filozofii nauki o ocenie i wyborze teorii decyduje wyłącznie czynnik empiryczny. Nowe teorie mogą być akceptowane tylko wówczas, gdy nie natrafiają na sytuacje anomalijne, gdy tłumaczą to, co tłumaczyły ich poprzedniczki i rywalki, oraz gdy legitymują się nowymi prognozami. W opozycyjnym, skrajnie antykumulatywistycznym modelu absolutyzowana jest natomiast wiedza teoretyczna. W tym ujęciu podkreśla się, że wyniki doświadczeń i fakty empiryczne są uteoretyzowane i zależne od przyjętych założeń. Między tymi skrajnymi modelami nauki znajduje się całe spektrum stanowisk pośrednich.[13]

W przypadku kosmologii, baza empiryczna, zwłaszcza w postaci danych obserwacyjnych odległych obiektów we Wszechświecie, jest szczególnie powiązana z wiedzą teoretyczną. Wykazał to zapoczątkowany przez J. Kristiana i R.K. Sachsa i rozwijany później przez grupę kierowaną przez G.F.R. Ellisa tzw. program kosmologii obserwacyjnej. Okazało się, że obserwacyjnej bazy współczesnej kosmologii nie da się oddzielić od głęboko i wieloaspektowo powiązanych z nią pierwiastków teoretycznych.[14]

Refleksja nad czynnikiem empirycznym w naukach przyrodniczych może być dokonywana na kilka różnych sposobów: 1) przedstawienie bazy empirycznej i określenie jej wartości poznawczej (treściowe aspekty danych doświadczalnych z uwzględnieniem sposobów ich uzyskiwania oraz oceny ich adekwatności i wiarygodności), 2) wskazanie na przejawy obecności bazy empirycznej w konkretnych teoriach (sposoby funkcjonowania danych doświadczalnych na poszczególnych etapach procesu badawczego), 3) ukazanie roli czynnika empirycznego w procedurach naukotwórczych (głównie w płaszczyźnie logiczno-epistemologicznej przez podanie stopnia konfirmacji, koroboracji bądź też dyskonfirmacji teorii), 4) zrekonstruowanie znaczenia bazy empirycznej dla ustalania przyrodniczego charakteru teorii naukowych z perspektywy wzorców i postulatów filozofii nauki (w jakim stopniu teorie realizują te postulaty i wzorce), 5) przedstawienie sposobu funkcjonowania czynnika empirycznego jako przykład faktycznego uprawiania nauki i ilustrację wypracowanych w filozofii nauki stanowisk (tzw. *case studies*).[15]

[12] J. Turek, *Czynnik empiryczny w teoriach kosmologicznych*, Roczniki Filozoficzne 41(1993)3, 5-47.
[13] Z. Hajduk, *Temporalność nauki*, Lublin 1995, 143.
[14] J. Turek, *Filozofia kosmologii – Zarys problematyki*, Roczniki Filozoficzne 53(1993)2, 269-308.
[15] Tenże, *Czynnik empiryczny*, art. cyt., 7n.

Podjęte rozważania koncentrują się na drugim sposobie podejścia i mają za cel przeanalizowanie dwóch najbardziej reprezentatywnych kosmologii typu dedukcyjnego, tzn. kosmologii Milne'a i teorii stanu stacjonarnego, pod kątem obecności i wykorzystania – jawnego bądź ukrywanego – danych empirycznych. Teorie te – zwłaszcza pierwsza – miały być z założenia konstruowane w oparciu o apriorycznie wybrany zestaw postulatów bez odwoływania się do danych obserwacyjnych, czy też praw sformułowanych na drodze indukcyjnych uogólnień. Interesującą poznawczo kwestią jest zatem pytanie, czy założenie to udało się zrealizować?

We współczesnej filozofii nauki neguje się możliwości dychotomicznego rozdzielenia dwóch kontekstów: odkrycia i uzasadniania. Jednakże w przypadku podjętej w tym artykule kwestii realizację wyznaczonego celu da się przeprowadzić w dwóch stosunkowo łatwych do wyróżnienia etapach: w procedurach konstruowania tych teorii i w procedurach ich testowania. Większy nacisk położony zostanie na rolę i sposób funkcjonowania czynnika empirycznego w procedurach odkrywania. Wydaje się, że właśnie ten aspekt jest ważniejszy i poznawczo bardziej interesujący ze względu na panujące dość powszechnie przekonanie, że tego typu kosmologie są teoriami apriorycznymi i nie odwołują się – zwłaszcza w kontekście odkrycia – do jakiejkolwiek wiedzy empirycznej.

2. SPOSOBY FUNKCJONOWANIA CZYNNIKA EMPIRYCZNEGO W KOSMOLOGIACH GLOBALNYCH

2.1. Czynnik empiryczny w procedurach odkrywania

Kosmologia Milne'a jest historycznie pierwszym przykładem dedukcyjnie skonstruowanej teorii kosmologicznej. Sam autor kinematycznej teorii względności (KTW) wielokrotnie podkreślał, iż nie zamierza odwoływać się do empirycznie sformułowanych praw przyrody, nie chce przyjmować ich w formie założenia lub jako coś naturalnego i oczywistego, ani też w żaden inny sposób z nich korzystać.[16]

Od samego początku swoich zainteresowań kosmologią, Milne znał wyniki obserwacji odległych galaktyk. Omówieniu tych danych poświęcił cały paragraf w jednym ze swych pierwszych artykułów kosmologicznych[17]. Opisał w nim wyniki badań prowadzonych przez

[16] E.A. Milne, *Kinematic Relativity*, Oxford 1948, 4.
[17] Tenże, World-*Structure and the Expansion of the Universe*, Zeitschrift für Astrophysik 6(1933), 1-95.

V.M. Sliphera, M.L. Humasona, J.H. Oorta, W. de Sittera i E. Hubble'a. Wyniki te zaakceptował łącznie z ich interpretacją wskazującą na fakt rozszerzania się Wszechświata[18]. Przyjął też sformułowane przez Hubble'a prawo proporcjonalności prędkości ucieczki galaktyk do ich odległości.[19]

Te empiryczne dane odegrały znaczącą rolę w konstruowaniu przez Milne'a jego kosmologii. Z jednej strony zainspirowały go do podjęcia zadania wyjaśnienia zjawiska ekspansji, a z drugiej, co ważniejsze, zadecydowały o ogólnych założeniach konstruowanej teorii, zwłaszcza o przyjęciu jednostajnych prędkości cząstek w jego kosmologicznym modelu.

Istnieją zatem podstawy, by nie zgodzić się ze stwierdzeniem autora KTW, iż jego idee kosmologiczne całkowicie zrywają z tradycją indukcyjnego uogólniania wyników obserwacji i posiadają czysto logiczny, a nie fizyczny charakter. W. Wilson uznał, że proporcjonalność prędkości ucieczki cząstek fundamentalnych tworzących substrat do ich odległości od obserwatora jest właśnie indukcyjnym uogólnieniem obserwacji dokonywanych przy pomocy teleskopów i spektroskopów. Ponadto, jego zdaniem, teoria Milne'a zawiera pewne założenia, które uzasadnić można jedynie przez odwołanie się do obserwacji i eksperymentu. Najważniejszym z nich jest zasada kosmologiczna, powiązana z transformacją Lorentza. Wilson nie zgadzał się, że Milne wyprowadził tę transformację na drodze dedukcyjnej z przyjętych założeń. Uważał, że skoro wyprowadził ją z czystych konwencji, to sama transformacja ostatecznie również pozostaje konwencją.[20]

Odpowiadając na te zarzuty, Milne w pełni przyznał, że sugestią dla opracowania idei substratu były wyniki obserwacji uciekających mgławic. Zastrzegł jednak, iż w trakcie procesu konstruowania teorii nie korzystał z żadnych empirycznych odniesień. Podkreślał, że cała kinematyczna teoria względności mogłaby się zrodzić w umyśle matematyka, bez odniesienia do jakichkolwiek wyników eksperymentalnych. Pojęcie substratu przyrównał do pojęcia płaszczyzny euklidesowej, uważając, iż było ono co prawda zasugerowane przez

[18] Milne miał świadomość, że słowo „Wszechświat" nie jest pojęciem jednoznacznym. Według niego może ono oznaczać: 1) system mgławic spiralnych, 2) całość bytów materialnych lub też 3) pewien hipotetyczny „samoistniejący układ odniesienia zwany przestrzenią". Ponieważ nie przyjmował istnienia fizycznej przestrzeni, określenie „ekspansja Wszechświata" rozumiał jako obserwowane rozszerzanie się systemu mgławic spiralnych. Por. tamże, 7 (przyp.).

[19] "It is well known to everybody nowdays that the universe as a whole is expanding. By this we mean that the extra-galactic nebulae are receding from us and from one another, (…) moreover, at rates which are proportional to their separations" (tenże, Some *Points in the Philosophy of Physics: Time, Evolution and Creation*, Philosophy 9(1934), 19-38).

[20] Wilson stoi wyraźnie na stanowisku empiryzmu twierdząc, że „o prawdziwość lub fałszywość teorii w naukach fizykalnych decydować może wyłącznie odwołanie się do doświadczenia". W. Wilson, *Kinematic Relativity*, Philosophical Magazine and Journal of Science 35(1944)7, 241-249; tamże, 37(1946)7, 421-426.

doświadczenie, lecz zostało skonstruowane w czysto teoretyczny sposób na drodze dedukcji z przyjętych postulatów.[21]

Ogólne założenia dotyczące globalnej struktury Wszechświata Milne traktował jako hipotezy, ponieważ ich akceptację uzależniał od zgodności wyprowadzonych z nich dedukcyjnych konsekwencji z danymi doświadczalnymi. Hipotez tych nie przyjmował w oderwaniu od wyników nauk fizykalnych. Wprost przeciwnie, będąc przyrodnikiem, brał pod uwagę ówczesny stan wiedzy zarówno w jej teoretycznym, jak i empirycznym wymiarze.

Największy wpływ na kształt Milne'a koncepcji miała interpretacja wyników obserwacji odległych galaktyk, a zwłaszcza liniowa zależność prędkości ich ucieczki od odległości. Interpretacja ta stwierdzała przede wszystkim, że galaktyki oddalają się od nas. Prowadziła zatem do wniosku, że w przeszłości wszystkie galaktyki zajmowały znacznie mniejszą przestrzeń. Sugerowała ponadto, iż ich ekspansja odbywa się bez przyspieszeń. Wskazywała wreszcie, że wraz z upływem czasu zmniejsza się średnia gęstość materii Wszechświata. To wszystko zadecydowało o przyjęciu przez Milne'a modelu, w którym swobodne, nieoddziaływające ze sobą cząstki zajmują w stanie początkowym dowolnie małą objętość i w naturalny sposób ulegają dyspersji, poruszając się ruchem jednostajnym. Taki model stał się punktem wyjścia jego teorii zmierzającej do wyjaśnienia zjawiska ekspansji Wszechświata.[22]

W tym kontekście bardziej zrozumiały staje się wynik dyskusji pomiędzy Whittakerem broniącym Milne'a przed zarzutami aprioryzmu, a zwolennikami indukcyjnej

[21] E.A. Milne, *Kinematic Relativity. A reply to Professor W. Wilson*, tamże, 36(1945)7, 134-143.

[22] „Zjawisko ekspansji Wszechświata nie ma nic wspólnego z grawitacją. Można je jakościowo i ilościowo wytłumaczyć (*explicable*) przy pomocy płaskiej, nieskończonej statycznej przestrzeni Euklidesa. Nowa metoda badań tego kosmologicznego problemu opiera się jedynie na dwóch postulatach, bez jakichkolwiek odniesień do pojęć przyczynowych, praw dynamiki, zakrzywionej metryki czy też teorii grawitacyjnej typu teorii pola lub oddziaływania na odległość. Pierwszy to einsteinowski postulat stałej prędkości światła. Podsumowuje on eksperymenty, które nie zdołały wykryć „ruchu względem eteru" i jest równoważny stwierdzeniu, że dwaj obserwatorzy w jednostajnym względnym ruchu mają zgodne obrazy zdarzeń, gdy ich opisy powiązane są transformacją Lorentza. Drugi postulat, choć powiązany z zasadą ustanowioną przez Einsteina, jest zupełnie nowy i ustala, że dwaj obserwatorzy poruszający się względnym ruchem jednostajnym mają identyczne obrazy Wszechświata, tzn. każdy z nich widzi taką samą sekwencję następujących po sobie obrazów świata w swojej własnej euklidesowej przestrzeni i swej własnej skali czasowej. Z tych dwóch postulatów wynika Hubble'a zależność prędkość-odległość dla mgławic spiralnych. W dalszej kolejności prowadzą one do określenia rozkładu materii i ruchu we wszechświecie. Zgodnie z tymi prawami rozkładu Wszechświat mgławic zajmuje wnętrze ekspandującej sfery (w 3-wymiarowej przestrzeni Euklidesa), którego centrum znajduje się w dowolnie wybranej mgławicy tego systemu. Zewnętrzna granica sfery ekspanduje z prędkością światła i mgławice — nieskończone w swej liczbie — są silnie skupione w jej pobliżu. Jednakże całość odbieranego światła w dowolnym kierunku jest skończona. Te twierdzenia obowiązują w przestrzeni Euklidesa i zwykłym (*ordinary*) czasie obserwatora poruszającego się z dowolnie wybraną mgławicą, która dla tego obserwatora jest centrum całego systemu. (…) Każda mgławica tego systemu podlega zerowemu przyspieszeniu i ten fakt oznacza nową postać prawa grawitacji, które nie wyraża się ani przez metrykę, ani przez oddziaływanie na odległość, lecz jako całkowity wpływ materii Wszechświata w określonych punktach" (tenże, World-*Structure and the Expansion of the Universe*, art. cyt., 1).

metody uprawiania nauk przyrodniczych. Ci ostatni musieli przyznać, że przyjęte przez Milne'a założenia jego kosmologii nie były czysto apriorycznymi tezami, lecz zostały sformułowane w znacznej mierze pod wpływem wyników obserwacji odległych galaktyk.[23]

Ponieważ Milne'a interesowały przede wszystkim pytania problemowe, domagające się wyjaśnienia przyczynowego, a nie tylko ustalania zachodzących w przyrodzie prawidłowości, nie ograniczał się on do zbierania i uogólniania wyników obserwacji. Doceniał wartość metod obserwacyjnych i eksperymentalnych w kontekście odkrycia. Otwarcie przyznawał, że wykorzystywał je jako inspirację i pomoc w ustalaniu właściwego kierunku badań.[24]

W przeciwieństwie jednak do zwolenników baconowskiej metody indukcji, Milne uważał, że dane empiryczne powinny być używane jedynie w procedurach testowania gotowych teoretycznych modeli, a nie w procedurach ich konstruowania. Był przekonany, że nie istnieją żadne ograniczenia w inwencji twórczej teoretyka wymyślającego modele, ponieważ ostatecznie ich konsekwencje będą porównywane z faktami obserwacyjnymi i jakiekolwiek ograniczenia pojawią się dopiero na etapie testowania.[25]

W kosmologii stanu stacjonarnego odróżnić należy dwie koncepcje: dedukcyjną i ekstrapolacyjną. Obydwie zrodziły się i zostały opublikowane w tym samym czasie.[26] Ich wspólną cechą jest założenie, że „Wszechświat rozpatrywany globalnie nie zmienia się". Jest to tzw. idealna zasada kosmologiczna stanowiąca mocniejszą wersją zwykłej zasady kosmologicznej, która stwierdza, że uzyskany obraz Wszechświata nie zależy od miejsca prowadzenia obserwacji (jednorodność przestrzenna). Idealna zakłada dodatkowo, że obraz ten nie zmienia się także w czasie (jednorodność czasowa).[27]

Przyjęcie takiej hipotezy spowodowane było nie tylko formalnymi i obserwacyjnymi trudnościami, jakie przeżywała kosmologia relatywistyczna (paradoks wieku Wszechświata), ale również wynikało z przekonań filozoficznych i światopoglądowych jej autorów: Hermana Bondiego, Thomasa Golda i Freda Hoyle'a. Występująca w modelach relatywistycznych osobliwość początkowa była dla nich nie do przyjęcia ze względu na załamywanie się w tym punkcie czasowym mocy projektywnej teorii (zarówno w sensie prognozy jak i retrognozy).

[23] Tenże, *Cosmological Theories*, The Astrophysical Journal 91(1940), 129-158; G. Gale, N. Shanks, *Methodology and the Birth of Modern Cosmology*, art. cyt., 291.

[24] E.A. Milne, *Rational electrodynamics. The Limitations of Classical Electromagnetism*, Philosophical Magazine and Journal of Science 34(1943)7, 73-82.

[25] Tenże, The *Aims of Mathematical Physics*, Oxford 1929, Streszczenie wykładu zdeponowane w Royal Astronomical Society, 3-28.

[26] Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 108(1948).

[27] H. Bondi, *Kosmologia*, dz. cyt., 182.

Ponadto moment ten mógł być łatwo kojarzony z ideą stworzenia, której wspomniani autorzy byli zdecydowanymi przeciwnikami.

Teoria stanu stacjonarnego (TSS) w wersji dedukcyjnej została opracowana przez Bondiego i Golda. Stanowiła ona kontynuację tradycji Milne'a. Choć autorzy nowej teorii potraktowali KTW jako koncepcję sztuczną i zbyt trudną do eksperymentalnego testowania, to jednak uznali, że posiada ważne dla kosmologii własności metodologiczne.[28] Bondi podkreślał jej wysoką wartość, lecz traktował ją wyłącznie jako interesujący, precyzyjnie skonstruowany teoretyczny system, a nie jako uzasadniony opis rzeczywistego Wszechświata. Mimo to podziwiał tę teorię, która jego zdaniem „zasługuje na trwałe uznanie za pokazanie, jak potężnym narzędziem może być kinematyka i jak daleko idące są implikacje zasady kosmologicznej".[29]

Tym, co Bondi (w przeciwieństwie do Hoyla) cenił najbardziej w teorii Milne'a był jej dedukcyjny charakter, oraz wytrwały upór jej autora w bronieniu tezy, że kosmologia nie jest gałęzią OTW. Taki sposób konstruowania kosmologicznej teorii oparty raczej na definiowaniu zasad i stawianiu odważnych hipotez niż na ekstrapolowaniu ziemskiej fizyki, posłużył w dużej mierze jako metodologiczny wzór tworzonej przez Bondiego i Golda teorii stanu stacjonarnego.[30]

Najprostszym modelem realizującym idealną zasadę kosmologiczną jest przestrzennie jednorodny i statyczny Wszechświat. Przyjęcie takiego modelu prowadzi jednak do sprzeczności z wynikami obserwacji. W statycznym niepodlegającym jakimkolwiek zmianom Wszechświecie musiałaby istnieć równowaga termodynamiczna, a dane empiryczne wyraźnie temu przeczą. Przy uwzględnieniu praw termodynamiki i wyników obserwacji, autorzy TSS wybrali zatem model rozszerzającego się Wszechświata.[31]

Przykład ten świadczy, że już na etapie konstruowania teorii typu dedukcyjnego brane są pod uwagę wyniki obserwacji, które decydują o kształcie przyjmowanych założeń i wyprowadzanych z nich dedukcyjnych konsekwencjach. Potwierdza to tezę filozofii nauki, że

[28] Ta względnie pozytywna ocena była raczej autorstwa Bondiego. Gold nigdy nie poznał dobrze teorii Milne'a, a tego, co poznał, nie zaakceptował. W szczególności nie podobał mu się pomysł dwóch skal czasowych.

[29] H. Bondi, *Review of Cosmology*, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 108(1948), 104-120. W celu gruntownego i zorientowanego filozoficznie przeanalizowania prac Bondiego, Golda i Hoyla, oraz relacji pomiędzy TSS i kosmologią Milne'a, patrz J. Merleau-Ponty, *Cosmologie du XX^e siecle*, Paris 1965, 214-255. Współczesna analiza filozofii TSS około 1948 r. podana została przez Y. Balashova, *Uniformitarianism in cosmology: background and philosophical implications of the steady-state theory*, Studies in the History and Philosophy of Science 25 (1994), 933-958. Por. również H. Kragh, *Cosmology and Controversy. The Historical Development of Two Theories of the Universe*, Nowy Jork 1999, 177.

[30] Tamże.

[31] J. Turek, *Wszechświat dynamiczny. Rewolucja naukowa w kosmologii*, Lublin 1995, 178.

kontekstu odkrycia nie da się jednoznacznie oddzielić od kontekstu uzasadniania, gdyż na etapie formułowania hipotez naukowcy biorą pod uwagę jedynie takie propozycje, które mają szansę na uzasadnienie bądź w postaci wysokiego stopnia potwierdzenia (konfirmacja), bądź też w postaci skutecznego oparcia się próbom obalenia (koroboracja).

Tę drugą drogę obrali twórcy TSS. Idealna zasada kosmologiczna w rozszerzającym się Wszechświecie może być utrzymana jedynie przy dodatkowym założeniu ciągłej kreacji cząstek. Tempo takiego „samostwarzania" obliczone na podstawie średniej gęstości materii i tempa ekspansji powinno wynosić jedną cząstkę o masie atomu wodoru w jednym litrze objętości raz na $5 \cdot 10^{11}$ lat (obecnie szacowany wiek Wszechświata wynosi $13{,}7 \cdot 10^9$ lat[32]). Hipoteza kreacji z niczego, choć formalnie falsyfikowalna, a więc spełniająca popperowskie kryterium naukowości, jest niezwykle trudna do testowania w sposób bezpośredni. Bardzo mała wielkość takiej kreacji sprawia, że jest ona eksperymentalnie niewykrywalna. Mamy więc do czynienia z sytuacją, w której teoria jest sprzeczna z fundamentalną dla fizyki zasadą zachowania, a z drugiej strony żadne obserwacje nie są w stanie wykluczyć zakładanej w teorii kreacji.[33]

Odmienną koncepcję wykorzystania założenia ciągłej kreacji materii przyjął Hoyle. Zaakceptował OTW wraz z równaniami pola i podjął próbę jak najmniejszej jej modyfikacji umożliwiającej dołączenie do niej tezy o ciągłym stwarzaniu cząstek. W tym celu z teorii einsteinowskiej usunął zasadę zachowania, a do jej równań dodał człon opisujący tzw. pole kreacji materii. Rozwiązaniem tak zmodyfikowanych równań jest model podobny do modelu de Sittera z tą jedynie różnicą, że nie jest to świat pusty. Hoyle zgadzał się z samą ideą Wszechświata stacjonarnego, w którym obowiązuje idealna zasada kosmologiczna, lecz uważał, że lepszą metodą konstruowania teorii przyrodniczej jest przyjęcie praw lokalnych i sprawdzanie ich konsekwencji dla całego badanego układu, niż postulowanie ogólnych globalnych zasad i wyprowadzanie z nich szczegółowych praw.[34]

Idealna zasada kosmologiczna stanowiła jedno z podstawowych założeń obydwu wersji TSS. Posiadała ona, zwłaszcza w odmianie dedukcyjnej, bardziej aprioryczny charakter niż przyjęta przez Milne'a zwykła zasada kosmologiczna. Jednakże autorzy tej teorii

[32] Istnieją też inne oszacowania: w modelu ¤CDM z $\omega_d = -2/3$ najlepsze dopasowanie modelu do wyników obserwacji supernowych typu Ia zachodzi dla wartości $\langle\omega\rangle = -0{,}47$ co daje wiek Wszechświata $t_0 \approx 16{,}9 \cdot 10^9$ lat. F. Melia, *Constraints on Dark Energy from the Observed Expansion of our Cosmic Horizon*, Accepted for publication in the International Journal of Modern Physics D, 27 December 2008, http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/0812/0812.4778v1.pdf.

[33] M. Heller, *Ostateczne wyjaśnienia Wszechświata*, Kraków 2008, 66.

[34] Tenże, *Granice kosmosu i kosmologii*, Warszawa 2005, 133n; H. Bondi, *Kosmologia*, dz. cyt., 198 n.

dystansują się od skrajnych postaw tych zwolenników podejścia dedukcyjnego, którzy kosmologię traktują jako czysto logiczną teorię ocenianą wyłącznie pod kątem jej konsystentności i poprawności wnioskowań, a nie biorą pod uwagę związku z wynikami obserwacji, ponieważ odnosi się to — jak twierdzą — wyłącznie do problemu jej stosowalności.

Takie podejście, zdaniem Bondiego, sprzeciwia się duchowi nowoczesnej nauki, gdyż traktuje kosmologię odmiennie od reszty fizyki i nie przypisuje należnego znaczenia danym empirycznym. W takim podejściu zapomina się też o tym, że w każdej próbie sformułowania teorii czysto logicznej zawsze znajduje się jakaś wiedza fizyczna, która pełni rolę kierującą, formułującą, bądź przynajmniej inspirującą i naprowadzającą. Nie da się więc oddzielić fizyki od logiki, co powinno, zdaniem autora TSS, stanowić wystarczający powód wyboru raczej fizycznej drogi postępowania badawczego.[35]

2.2. Czynnik empiryczny w procedurach testowania

W swoim podejściu do problemu kosmologicznego Milne przyjął szczególną procedurę metodologiczną rozpoczynającą się od ustalenia hipotez na podstawie ogólnych idei dotyczących Wszechświata, a następnie dedukcyjnego wyprowadzenia z tych hipotez w miarę możliwości testowalnych obserwacyjnie konsekwencji. Postulaty jego teorii można zatem potraktować jako hipotezy dotyczące rzeczywistego Wszechświata.

Taki sposób podejścia wywołał krytykę. Milne'owi postawiono zarzut wyboru postulatów bez poddania ich empirycznym testom. Jednakże postulaty te można potraktować jako definicje określające czysto teoretyczny model Wszechświata. McCrea wskazuje na taki właśnie schemat postępowania: przyjęcie modelu Wszechświata, w którym obserwatorzy mogą wykonywać określone rodzaje obserwacji i w którym spełniony jest postulat równoważności obserwatorów fundamentalnych oraz zasada kosmologiczna, a następnie dedukcyjne wyprowadzenie wszystkich możliwych własności jako konsekwencji przyjętych założeń.[36]

Obserwacja i eksperyment mają zdaniem Milne'a fundamentalne znaczenie dla początkowego (odkrywanie) i końcowego (testowanie) etapu badania naukowego. Mniejszą natomiast rolę odgrywają w procedurach dedukcyjnego wyprowadzania konsekwencji z

[35] Tamże, 17.

[36] E.A. Milne, *Relativity, Gravitation and World-Structure*, Oxford 1935, 24, 27, 60-72; W.H. McCrea, *The Evolution of Theories of Space-Time and Mechanics*, Philosophy of Science 6(1939), 137-162.

przyjętych założeń oraz w samej strukturze już ukończonej nauki. Skonstruowana i zweryfikowana teoria powinna bowiem uzyskać strukturę systemu aksjomatycznego, w którym dane empiryczne nie stanowią już tak istotnego elementu.[37]

Zasadniczą funkcję testowania, a zwłaszcza weryfikowania empirycznego, upatrywał Milne w nadawaniu twierdzeniom matematycznym charakteru wiedzy przyrodniczej. Testowanie empiryczne, czyli konfrontowanie teorii z doświadczeniem, jest potrzebne tylko wtedy, gdy chcemy nadać zdaniom teoretycznym status wiedzy fizycznej, tzn. odnieść te zdania do rzeczywistości.[38] Analogicznie, obserwacje mogą spełniać pewne funkcje w stosunku do geometrii. Wprawdzie nie potwierdzają one twierdzeń geometrycznych, ale mogą sprawdzić, czy np. konkretny trójkąt w przyrodzie reprezentuje abstrakcyjny obiekt geometryczny zdefiniowany przez pewien układ aksjomatów.[39]

Czynnik empiryczny odgrywał ważną rolę w badaniach Milne'a, co nie oznaczało jednak opowiadania się za indukcjonizmem, czy też preferowania wyników doświadczenia w stosunku do dedukcyjnego sposobu uprawiania nauki. Jego kosmologia posiada według McCrea charakter opartej na fizycznych postulatach czysto dedukcyjnej teorii. Dokładniej, w Milne'a modelu Wszechświata równoważność obserwatorów i zasada kosmologiczna potraktowane zostały jako hipotezy o charakterze praw empirycznych, a wszystkie pozostałe cechy zostały z nich wyprowadzone na drodze dedukcji bez żadnych dodatkowych założeń. Ostatnim krokiem było porównanie tak skonstruowanego modelu z rzeczywistym Wszechświatem.[40]

Wydaje się, że metodologiczne poglądy Milne'a mogły być inspirowane postawą Einsteina, który już od 1919 r. był zwolennikiem hipotetyzmu.[41] Angielskiego uczonego można ponadto uznać za jednego z prekursorów popperowskiego falsyfikacjonizmu. Uważał bowiem, że fizyk-obserwator powinien szukać takich obserwacji, które mogłyby zakwestionować (sfalsyfikować) teorie i wnioski fizyków-teoretyków. Natomiast teoretyk powinien odważnie bronić swego stanowiska przed atakami obserwatorów. Nie jest to w pełni popperowski falsyfikacjonizm, gdyż zadaniem teoretyka jest nie tyle korygowanie własnej teorii, ile raczej jej obrona, ponieważ dostrzegane aktualnie sprzeczności z doświadczeniem

[37] E.A. Milne, *The Fundamental Concepts of Natural Philosophy*, Proceedings of the Royal Society of Edinburgh 62(1943), 10-24.

[38] B.G. Brown, *The Philosophies of Science of Eddington and Milne*, American Journal of Physics 17(1949), 553-558.

[39] E.A. Milne, *Modern Cosmology and the Christian Idea of God*, Oxford 1952, 27.

[40] Tenże, *Rational electrodynamics*, art. cyt., 74.

[41] J. Turek, *Albert Einstein prekursorem hipotetyzmu Karla Poppera*, referat wygłoszony na Einsteinowskiej Sesji Naukowej, UAM Poznań, 25.11.2005.

mogą być następstwem panującej mody zarówno w sposobie ujmowania doświadczenia, jak i w interpretacji teorii. Falsyfikacjonizm Milne'a ujawnia się również w stwierdzeniu, że człowiek nauki powinien być w zasadzie „buntownikiem" (*rebel*), tzn. nie powinien być zadowolony z aktualnego stanu nauki, lecz wbrew powszechnemu przekonaniu doszukiwać się słabych stron aktualnych teorii i wyprowadzać wnioski różniące się od tych, które są przyjmowane przez większość.[42]

Milne'a zaangażowanie w falsyfikacjonizm było widoczne jeszcze przed zainteresowaniem się problematyką kosmologiczną. Już wówczas uważał, że zadaniem teoretycznego astrofizyka jest skonstruowanie jak największej liczby modeli wraz z wyprowadzonymi na drodze wnioskowania własnościami. To, czy te własności zgadzają się z obserwacją jest mało istotne, ponieważ „odrzucony model jest w rzeczywistości bardziej wartościowy od tego, który pozostaje w zgodzie z obserwacjami, gdyż wskazuje, jaka przyroda nie jest, podczas gdy zwycięski model pozostawia kwestię otwartą".[43] Celem astrofizyka jest wyprowadzanie wniosków na temat rzeczywistej natury obserwowanych ciał, a sposobem jego realizacji proponowanie hipotez i sprawdzanie, czy wynikające z nich przewidywania pozostają w zgodzie z obserwacjami. Jednak to kryterium nie ma charakteru absolutnego, gdyż „obserwacje nigdy nie mogą potwierdzić (*confirm*) naszych hipotez; mogą je tylko obalić (*disprove*)".[44] Widać zatem, że już przed 1929 r. Milne wyraźnie opowiadał się za metodą hipotetyczno-dedukcyjną.[45]

Empiryczne testowanie teorii kosmologicznych było w latach trzydziestych zadaniem dość trudnym. Zasięg teleskopów wystarczał do pomiarów przesunięć linii widmowych i sprawdzania prawa Hubble'a, ale był zbyt mały, by falsyfikować konkretne modele Wszechświata.[46] Milne znał stan ówczesnej wiedzy przyrodniczej i techniczne możliwości prowadzenia obserwacji oraz związane z tym ograniczenia. Miał jednak głębokie przeświadczenie, iż to właśnie zgodność z danymi empirycznymi winna być ostatecznym sposobem weryfikacji teorii.[47] Był przekonany, że zarówno w jego teorii, jak i w OTW, dowolne twierdzenia zapisane w postaci wzorów matematycznych można przełożyć na

[42] E.A. Milne, *Modern Cosmology*, dz. cyt., 8.
[43] Tenże, *The Aims*, art. cyt., 26.
[44] Tamże, 25.
[45] G. Gale, J.R. Urani, *Milne, Bondi and the 'Second Way' to Cosmology*, w: *The Expanding Worlds of General Relativity*, red. H. Goenner, J. Renn, J. Ritter, T. Sauer, The Center for Einstein Studies 7(1999), 343-375.
[46] A.J. Harder, *E.A. Milne, Scientific Revolutions and the Growth of Knowledge*, Annals of Science 31(1974), 351-363.
[47] E.A. Milne, *World-Models and World-Picture*, The Observatory 57(1934), 24-27.

obserwacje. Uważał, że testowanie modeli kosmologicznych należy przeprowadzać w dwóch etapach: przejście od twierdzeń teorii do testowalnych implikacji, a następnie porównanie ich z wynikami obserwacji.[48]

McCrea zwrócił uwagę na trudności związane z próbą bezpośredniego testowania KTW i stanowiącej integralną jej część kosmologii. Teorii tej nie da się przetestować w taki sposób, by można było wyprowadzić wniosek, że rzeczywisty Wszechświat skonstruowany jest tak samo, jak model opracowany przez Milne'a. Wiąże się to z tym, że w KTW każdy obserwator fundamentalny stowarzyszony jest z galaktyką potraktowaną jako „cząstka". A ponieważ „nie mamy obecnie żadnej możliwości porozumiewania się z obserwatorami znajdującymi się na innych galaktykach, nie możemy bezpośrednio przetestować postulowanej równoważności obserwatorów, czy też zasady kosmologicznej".[49] McCrea wskazał jednak na niektóre rezultaty KTW, które w znacznym stopniu zgadzały się z ówczesnymi obserwacjami: 1º lorentzowska transformacja pomiędzy współrzędnymi obserwatorów pozwalała zastosować do teorii Milne'a testy obserwacyjne STW, 2º rozkład położenia i prędkości mgławic spiralnych w pierwszym przybliżeniu zgadzał się z ówczesnymi obserwacjami, 3º klasyczna interpretacja przyspieszenia cząstki swobodnej była bardzo podobna do newtonowskiego prawa grawitacji, 4º dwie skale czasowe rozwiązywały paradoks wieku Wszechświata, z którym nie mogła się uporać ówczesna kosmologia relatywistyczna.[50]

Autor KTW zdawał sobie sprawę z konieczności starannego odróżnienia teoretycznych modeli od ich aplikacji do rzeczywistości. Uważał, że pytanie czy reprezentują one Wszechświat, powinno być analizowane zarówno na płaszczyźnie obserwacyjnej, jak również na polu ogólnych rozważań leżących poza zasięgiem samej tylko teorii.[51]

Końcowym etapem budowania teorii przyrodniczej powinna być zdaniem Milne'a weryfikacja wyprowadzonych dedukcyjnie tez.[52] Jego fascynacja geometrią jako w pełni

[48] Porównywanie natomiast geometrii obydwu teorii Milne uznał za całkowicie bezużyteczne, gdyż był przekonany, że wybór użytej w opisie Wszechświata geometrii jest decyzją zupełnie arbitralną. Tenże, *Relativity, Gravitation*, dz. cyt., 290.

[49] W.H. McCrea, *The Evolution of Theories*, art. cyt., 153.

[50] Tamże, 152.

[51] E.A. Milne, *Relativity Gravitation*, dz. cyt., 266.

[52] Będąc matematykiem Milne wyraźnie oddzielał matematyczne zagadnienie możliwości skonstruowania systemu spełniającego przyjęte założenia, od fizycznego problemu sprawdzenia na ile otrzymany model odpowiada rzeczywistości. Prawdziwość wyprowadzonych dedukcyjnie twierdzeń z przyjętych założeń była dla Milne'a czymś oczywistym. Czym innym natomiast było pytanie, czy opracowany w ten sposób model kosmologiczny opisuje rzeczywisty Wszechświat. Odpowiedź na to pytanie można według Milne'a uzyskać przez porównanie własności modelu z danymi obserwacyjnymi, których dostarcza (bądź dostarczy w przyszłości) astronomia. Niezgodność oznacza jedynie niewłaściwy dobór przyjętych na początku założeń. Tamże, 171.

zaksjomatyzowaną nauką powodowała, że traktował ją jako ideał i często odwoływał się do jej przykładu. Rozważając kwestię statusu obserwacji i eksperymentu w badaniu naukowym analizował właśnie geometrię, w której obserwacja — jego zdaniem — pełni podwójną rolę: 1º odkrywanie twierdzeń na drodze empirycznej, 2º weryfikacja znaczenia twierdzeń wyprowadzonych dedukcyjnie z aksjomatów, a przez to identyfikowanie w przyrodzie przedmiotów odpowiadających obiektom występującym w aksjomatach.[53] Przenosząc to na grunt nauk faktualnych, przyznawał obserwacji podwójną rolę. Z jednej strony sprawdza, czy istnieją w przyrodzie obiekty odpowiadające terminom występującym w teorii, z drugiej zaś ustala, czy wyprowadzone z aksjomatów twierdzenia obowiązują w realnym świecie.[54]

W przypadku TSS jej autorzy podkreślali, że choć „niektóre konkluzje teorii różnią się od poglądów przyjętych ogólnie, to jednak nigdzie nie są sprzeczne z obserwacją”.[55] Idealna zasada kosmologiczna stwierdza, że wraz z upływem czasu Wszechświat wygląda tak samo, co nie oznacza jednak, że musi on być statyczny. Przyjęte założenie wymusza jedynie jego stacjonarność. Co więcej, w połączeniu z prawami termodynamiki i wynikami obserwacji, prowadzi do wniosku, że Wszechświat nie znajduje się w stanie statycznym. Może się więc rozszerzać albo kurczyć. Jednakże w kurczącym się Wszechświecie musiałaby istnieć przewaga promieniowania nad materia, co pozostaje w sprzeczności z danymi obserwacyjnymi. Zatem zdaniem Bondiego, „teoria stanu stacjonarnego, jako jedyna spośród wszystkich innych, potrafi wyprowadzić fakt, że Wszechświat się rozszerza, z lokalnych obserwacji nierównowagi termodynamicznej”.[56]

Obserwowane poczerwienienie linii widmowych odległych galaktyk, interpretowane jako efekt ich oddalania się, mogło być zatem potraktowane jako pozytywny wynik testowania wysuniętej hipotezy, a odkrycie związku faktów obserwacyjnych i zgodność z nimi teoretycznych przewidywań jako osiągnięcie nowej teorii.[57]

Bondi i Gold wykazali również, że sama idealna zasada kosmologiczna (bez odwoływania się do równań pola) jednoznacznie określa geometrię Wszechświata i prędkość jego ekspansji. Postulat stacjonarności prowadzi do wniosku, że krzywizna przestrzeni musi być zerowa, a rozszerzanie się Wszechświata musi odbywać się eksponencjalnie. W efekcie prowadzi to do czasoprzestrzeni de Sittera, w której, na podstawie dodatkowego założenia w

[53] Tenże, *On the Origin of Laws of Nature*, Nature 139(1937), 997-999.
[54] Tenże, *Kinematics, Dynamics and the Scale of Time*, Proceedings of the Royal Society of London 158(1937)A, 324-348; tenże, On *the Origin of Laws of Nature*, art. cyt., 998.
[55] H. Bondi, *Kosmologia*, dz. cyt., 185.
[56] Tamże, 186.
[57] Turek, *Wszechświat dynamiczny*, dz. cyt., 178.

postaci relatywistycznych równań pola, gęstość materii musi być zerowa. Ponieważ w TSS nie ma takiego założenia, wniosek o pustej czasoprzestrzeni nie obowiązuje.[58]

Jak już zostało wspomniane, idealną zasadę kosmologiczną da się pogodzić z faktem rozszerzania się Wszechświata tylko przy dodatkowym założeniu nieustannej kreacji cząstek. Aby utrzymać stałą średnią gęstość materii w modelu ekspandującym musi następować samotworzenie się materii z niczego. Taki wniosek łamie jedną z fundamentalnych zasad fizycznych – zasadę zachowania energii. Jednakże twórcy TSS podkreślają, że tym, co w fizyce liczy się najbardziej jest zgodność z danymi empirycznymi, a „żadne obserwacje nie przeczą ciągłej kreacji materii z szybkością, której wymaga idealna zasada kosmologiczna".[59] Jest to więc konsekwencja z teoretycznego punktu widzenia empirycznie testowalna, jednakże w praktyce niemożliwa do wykrycia przez jakiekolwiek doświadczenie.[60]

Natomiast w pełni testowalne są wyprowadzone z tej zasady przewidywania empiryczne dotyczące rozkładu galaktyk o różnym wieku – młodsze i starsze powinny mieć podobny rozkład przestrzenny. W modelach kosmologii relatywistycznej przewidywany rozkład jest zupełnie odmienny, gdyż wiek galaktyk jest odwrotnie proporcjonalny do ich odległości od obserwatora (dalsze obiekty widać we wcześniejszych stadiach kosmicznej ewolucji ze względu na czas, jaki wyemitowane z nich światło potrzebuje na dotarcie do obserwatora). Niestety, w latach 50-tych XX wieku możliwości obserwacyjne były niewystarczające, by na podstawie tych przewidywań wybrać jeden z dwóch alternatywnych modeli. Natomiast teoria stanu stacjonarnego nie musiała się zmagać z problemem wieku Wszechświata, z którym nie mogła się uporać kosmologia relatywistyczna, gdyż w stanie stacjonarnym wiek ten jest nieskończony.[61]

Teoria Hoyle'a, w przeciwieństwie do kosmologii Bondiego i Golda nie miała charakteru dedukcyjnego, lecz była teorią ekstrapolacyjną. Stanowiła swoistego rodzaju połączenie kosmologii relatywistycznej z idealną zasadą kosmologiczną wraz z jej konsekwencją w postaci ciągłej kreacji cząstek. W stosunku do odmiany dedukcyjnej posiadała dodatkowy walor w postaci ścisłego przewidywania średniej gęstości Wszechświata (około 10^{-29} g/cm^3). Obydwie wersje teorii stanu stacjonarnego były mocno krytykowane zarówno od strony przedmiotowej (sprzeczność z zasadami zachowania), jak i metodologicznej (aprioryczny charakter założeń).

[58] M. Heller, *Ostateczne wyjaśnienia*, dz. cyt., 66.
[59] H. Bondi, *Kosmologia*, dz. cyt., 186.
[60] M. Heller, *Ostateczne wyjaśnienia*, dz. cyt., 66
[61] Tamże, 67; H. Bondi, *Kosmologia*, dz. cyt., 182-198.

W rywalizacji TSS z głównym nurtem kosmologii relatywistycznej najsilniejszym czynnikiem decydującym o preferencjach uczonych były wyniki badań obserwacyjnych. Testowanie tak fundamentalnych dla całościowego obrazu świata teorii, jakimi są modele kosmologiczne, nie ogranicza się do pojedynczych wyników doświadczeń, które decydowałyby o przyjęciu lub odrzuceniu któregokolwiek z nich. Jest to złożony proces kumulowania wielu wyników badań, obserwacji i eksperymentów relewantnych dla danej teorii.[62]

Empirycznym świadectwem przeciwko kosmologii stanu stacjonarnego był test zliczania radioźródeł. Obserwacyjne wyniki zestawione w postaci relacji zależność liczby radioźródeł od ich jasności okazały się sprzeczne z przewidywaniami tej teorii. Stanowiły natomiast poparcie dla kosmologii relatywistycznej, gdyż wskazywały, że im odleglejsze (wcześniejsze) rejony Wszechświata, tym gęstszy jest rozkład radioźródeł.[63]

Dodatkowym problemem dla TSS było odkrycie kwazarów. Ich bardzo duże przesunięcia ku czerwieni stanowiły dla tej teorii dużą trudność interpretacyjną. Próby wyjaśnienia tych danych obserwacyjnych przy pomocy hipotezy *ad hoc* tzw. lokalnego pochodzenia kwazarów nie przyniosły jednak oczekiwanych rezultatów i społeczność uczonych coraz bardziej skłaniała się do uznania wyższości kosmologii relatywistycznej.

Ostatecznym powodem odrzucenia kosmologii Bondiego, Golda i Hoyle'a stało się odkryte w 1965 r. promieniowanie tła, którego nie przewidywał model Wszechświata stacjonarnego. Istnienie takiego promieniowania jako pozostałości po Wielkim Wybuchu przepowiedział niemal 20 lat wcześniej Gamow. Odkrycie dokonane przez Arno Penziasa i Roberta W. Wilsona, a zinterpretowane i potwierdzone własnymi obserwacjami przez Dicke'ego i jego współpracowników ostatecznie przesądziło o zwycięstwie koncepcji Wielkiego Wybuchu i całego nurtu kosmologii relatywistycznej.

Współcześni filozofowie nauki w większości zgadzają się, że nie ma jednoznacznych i definitywnych rozstrzygnięć w postaci *experimentum crucis*. Dlatego też odkrycia promieniowania reliktowego tła nie należy traktować ani jako ostatecznej racji za słusznością teorii Wielkiego Wybuchu, ani też jako jedynego decydującego argumentu za odrzuceniem teorii stanu stacjonarnego. Przez społeczność uczonych zostało ono raczej potraktowane jako okoliczność, która najsilniej wpłynęła na decyzję o ostatecznym odrzuceniu tej teorii.[64]

[62] H. Kragh, *Cosmology and Controversy*, dz. cyt., 269-271.
[63] M. Heller, *Ostateczne wyjaśnienia*, dz. cyt., 72.
[64] H. Kragh, *Cosmology and Controversy*, dz. cyt., 358.

3. PODSUMOWANIE

Badania nad rolą czynnika empirycznego w dwóch teoriach (Milne'a i stanu stacjonarnego) uznawanych za najbardziej reprezentatywne dla nurtu kosmologii globalnych (dedukcyjnych) prowadzą do wniosku, że kosmologie te nie miały charakteru teorii czysto apriorycznych, gdyż dane obserwacyjne i wyniki doświadczeń stanowiły dla ich autorów ważne elementy nie tylko procedur testowania, lecz również procedur uznawanych powszechnie za wchodzące w zakres kontekstu odkrycia.

Rola czynnika empirycznego w procedurach odkrywania:

1) docenianie (Milne) wartości wyników obserwacyjnych i eksperymentalnych stanowiących inspirację i pomoc w ustalaniu właściwego kierunku badań;
2) bezpośredni wpływ obserwacji przesunięć linii widmowych odległych galaktyk zinterpretowanych jako ich ucieczka na podjęcie kosmologicznego problemu ekspansji Wszechświata (Milne);
3) decydujący wpływ prawa Hubble'a na sformułowanie podstawowych hipotez KTW: jednostajnych prędkości cząstek fundamentalnych, zasady kosmologicznej i powiązanej z nią transformacji Lorentza;
4) przekonanie (Bondi), że nawet w czysto logicznej teorii obecna jest wiedza fizyczna, która kieruje, formułuje lub przynajmniej naprowadza;
5) wpływ obserwowanej we Wszechświecie nierównowagi termodynamicznej na kształt przyjętych w TSS założeń w postaci wyboru konkretnego modelu (ekspandującego zamiast stacjonarnego) spełniającego idealną zasadę kosmologiczną;
6) hipoteza ciągłej kreacji materii (TSS) wyprowadzona jako konsekwencja założeń podstawowych (rozszerzania się Wszechświata i idealnej zasady kosmologicznej) zaakceptowana przez twórców tej teorii na podstawie (teoretycznych) możliwości jej doświadczalnego sfalsyfikowania.

W procedurach testowania teorii kosmologicznych baza empiryczna odgrywa rolę zasadniczą, gdyż decyduje o związku z rzeczywistością i decyduje czy skonstruowany model kosmologiczny stanowi jej adekwatny opis.

W hipotetyczno-dedukcyjnej metodzie uprawiania kosmologii ogólne założenia dotyczące Wszechświata pełnią rolę aksjomatów, z których na drodze dedukcyjnej wyprowadza się twierdzenia (prawa) i konstruuje modele. Spośród nich preferowane są te,

które pozostają zgodne z większą liczbą obserwacji i lepiej przewidują nowe zjawiska.[65]

Rola czynnika empirycznego w procedurach sprawdzania:

1) wyniki obserwacji stanowią podstawowe kryterium oceny postulatów teorii dedukcyjnych, które mogą być potraktowane jako hipotezy dotyczące rzeczywistego Wszechświata;
2) testowanie empiryczne (konfrontacja teorii z doświadczeniem) nadaje zdaniom teoretycznym (postulatom systemu dedukcyjnego) status wiedzy fizycznej;
3) obserwacja weryfikuje, czy istnieją w przyrodzie obiekty odpowiadające terminom teoretycznym, oraz ustala, czy twierdzenia teorii obowiązują w realnym świecie (Milne);
4) falsyfikacja jest pewniejszym sposobem sprawdzania teorii (Milne) niż próby jej potwierdzenia (obserwacje nie mogą potwierdzić hipotez, lecz jedynie je obalić);
5) w testowaniu teoretycznych modeli kosmologicznych dane empiryczne stanowią ostateczne kryterium wyboru (Milne);
6) o wartości teorii decyduje zgodność teoretycznych przewidywań z faktami obserwacyjnymi (Bondi);
7) zgodność teorii z danymi empirycznymi stanowi ważniejsze kryterium niż koherencja z dotychczasową wiedzą (autorzy TSS).

Przeprowadzone analizy pokazują, że w teoriach kosmologicznych typu dedukcyjnego, uważanych do tej pory dość powszechnie za przykład apriorycznych teorii naukowych, czynnik empiryczny odgrywa znaczącą rolę. Jego wpływ na kształt tych teorii widać szczególnie wyraźnie w procedurach ich odkrywania, gdzie inspiruje i ukierunkowuje wybór problemów badawczych, oraz decyduje o przyjmowanych założeniach.

Uzyskane wyniki wskazują również na doniosłość tzw. uhistorycznionej filozofii nauki, w której konkretne wydarzenia z dziejów nauki pozwalają na sformułowanie bardziej adekwatnych tez odnośnie jej rozwoju i faktycznego funkcjonowania.

STRESZCZENIE

Artykuł ukazuje rolę czynnika empirycznego w dwóch teoriach: Milne'a i stanu

[65] Osobliwy charakter przedmiotu kosmologii (Wszechświat jako pojedynczy obiekt) eliminuje możliwość wykorzystania stosowanej powszechnie w naukach przyrodniczych metody indukcyjnych uogólnień. W badaniach ujmowanego globalnie kosmosu nie da się ustalić wspólnych własności i uogólnionych zależności ani dokonać odróżnienia cech istotnych od przypadkowych. Wyklucza to możliwość przejścia od danych obserwacyjnych do uogólnień. Kosmologia zmuszona jest więc do korzystania bądź z metody ekstrapolacji, bądź z metody aksjomatyczno-dedukcyjnej. Pierwsza z nich polega na tym, że prawidłowości zaobserwowane w naszych ziemskich warunkach rozciągamy na cały Wszechświat. S. Mazierski, *Elementy kosmologii filozoficznej i przyrodniczej*, Poznań 1972, 83-84.

stacjonarnego, uznawanych za najbardziej reprezentatywne dla nurtu kosmologii globalnych (dedukcyjnych). Przeprowadzone analizy prowadzą do wniosku, że nie są to teorie czysto aprioryczne, gdyż czynnik empiryczny odgrywa w nich znaczącą rolę. Dane obserwacyjne i wyniki doświadczeń stanowią dla ich autorów ważne elementy nie tylko procedur testowania, lecz również procedur uznawanych powszechnie za wchodzące w zakres kontekstu odkrycia. Pełnią w nich rolę inspiracji, ukierunkowują wybór problemów badawczych, decydują o przyjmowanych założeniach i wpływają na kształt formułowanych hipotez.

Słowa kluczowe: kinematyczna teoria względności, teoria stanu stacjonarnego, kosmologia dedukcyjna, kontekst odkrycia, kontekst uzasadniania.

EMPIRICAL FACTOR IN GLOBAL COSMOLOGIES

S u m m a r y

This paper presents the role of the empirical factor in the Milne's cosmology and Steady State Theory. Both theories are being recognised as the most representative of the global (deductive) cosmologies. The conducted analysis leads to the conclusion that these theories do not have a merely *a priori* character because the empirical factor plays in them a significant role. Gathered observation data and the experimental results are the determining factors not only in the testing process but also are an important element of the procedures that are generally accounted for in the discovery context. The empirical factor inspires and focuses on the scientific problems, determines presuppositions and affects the formulation of their hypotheses.

Key words: Kinematical Relativity, Steady State Theory, deductivist cosmology, context of discovery, context of justification.