

# DLACZEGO KOSMOLOGIA DEDUKCYJNA PRZEGRAŁA RYWALIZACJĘ Z KOSMOLOGIĄ EKSTRAPOLACYJNĄ?<sup>1</sup>

## 1. Wprowadzenie

Wśród nauk przyrodniczych kosmologia posiada charakter wyjątkowy ze względu na osobliwy przedmiot badań. Jest nim pojedynczy obiekt – Wszechświat. W takiej sytuacji nie można stosować prostej metody indukcyjnych uogólnień. Nie da się bowiem ustalić wspólnych własności ani dokonać odróżnienia cech istotnych od przypadkowych. Wyklucza to możliwość bezpośredniego przejścia od danych obserwacyjnych do uogólnień. Kosmolog zmuszony jest zatem do korzystania bądź z metody ekstrapolacji (tzw. pierwsza droga, kosmologia zależna od fizyki, uprawiana „oddolnie”, ekstrapolacyjna), bądź też z metody aksjomatyczno-dedukcyjnej (tzw. druga droga, kosmologia ważniejsza od fizyki, uprawiana „odgórnie”, dedukcyjna).<sup>2</sup>

Preferowanym we współczesnej kosmologii sposobem badań jest „pierwsza droga”. Wykorzystuje ona metodę ekstrapolowania lokalnych praw przyrody na cały Wszechświat, wspartą obserwacjami jego wielkoskalowych struktur.<sup>3</sup> W tego typu kosmologii zakłada się niezależność przebiegu zjawisk od miejsca i czasu ich występowania, czyli ich czasoprzestrzenną jednorodność. Oznacza to przyjęcie założenia, że w odpowiednich warunkach pojawią się zawsze określone prawidłowości w zachodzeniu zjawisk. Opisującym zaś je prawom przysługuje niezmienniczość względem grup transformacji.<sup>4</sup> Jest to bardzo silne założenie. Jeśli budowana w ten sposób wiedza kosmologiczna miałaby być metodologicznie zadowalająca, sposoby ekstrapolacji fizyki ziemskiej powinny być falsyfikowalne. Sprawdzana byłaby w ten sposób zarówno sama wiedza kosmologiczna, jak i stosowana metoda ekstrapolacji.<sup>5</sup>

---

<sup>1</sup> Referat wygłoszony na konferencji *Filozofia przyrody współcześnie*, UMCS Lublin, 17-18 kwietnia 2008, przygotowany do opublikowania w materiałach pokonferencyjnych.

<sup>2</sup> Por. S. MAZIERSKI, *Elementy kosmologii filozoficznej i przyrodniczej*, Poznań 1972, s. 83-84.

<sup>3</sup> M. TEMPCZYK, *Kosmologia jako samodzielna nauka przyrodnicza*, „Człowiek i Światopogląd”, 11 (1986), 74-89, s. 86-87.

<sup>4</sup> Por. J. SUCH, *O uniwersalności praw nauki*, Warszawa 1972, s. 255.

<sup>5</sup> Bondi zwraca uwagę, że w takim podejściu do kosmologii pojawia się pewna trudność. Lokalnie sformułowane prawa fizyki 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. Por. H. BONDİ, *Some Philosophical Problems in Cosmology*, [w:] C. A. MACE (ed.), *British Philosophy in the Mid-Century*, London 1957, 195-201, s. 196. Ten słaby punkt metody ekstrapolacyjnej doskonale ilustruje prowadzony od kilkudziesięciu lat spór o stałą kosmologiczną. Por. D. GOLDSMITH, *Einstein's Greatest Blunder? The Cosmological Constant and Other Fudge Factors in the Physics of the Univers*, Harvard University Press 1995, tłum.: B. Bieniak i

W drugim natomiast podejściu do uprawiania kosmologii prawa fizyki wyprowadzane są z bardziej ogólnych praw kosmologii. Własności Wszechświata są tu czymś podstawowym, a lokalne oddziaływania i własności czasoprzestrzeni stanowią konsekwencje praw ogólnych. W punkcie wyjścia przyjmuje się więc postulaty dotyczące struktury Wszechświata, a następnie na drodze wnioskowania wyprowadza się z nich lokalnie obserwowalne 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 naukowej wiedzy przyrodniczej. W całym procesie pytamy więc jedynie o to, które prawa lokalne są zgodne z przyjętym układem postulatów dotyczących własności Wszechświata jako całości.<sup>6</sup>

Dokonywanie ścisłego podziału teorii kosmologicznych na ekstrapolacyjne i dedukcyjne nie jest w pełni zasadne, gdyż faktyczne procedury badawcze kosmologii (zwłaszcza współczesnej), zawierają elementy zarówno pierwszego, jak i drugiego sposobu jej uprawiania. Kosmologie pierwszego typu przyjmują pewne założenia dotyczące struktury globalnej (np. słuszność zasady kosmologicznej), oraz dedukcyjnie wyprowadzają tzw. obserwable. Z kolei kosmologie dedukcyjne formułują swe podstawowe postulaty w oparciu o znane prawa empiryczne, a ponadto uzupełniają je innymi założeniami przyjętymi z 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.<sup>7</sup>

Celem referatu jest próba pokazania dlaczego w dziejach współczesnej kosmologii strategia ekstrapolacyjna stała się dominującym nurtem badań? Co zadecydowało w warstwie aksjologicznej o wyborze pierwszej drogi? Jakie kwalifikacje poznawcze i pozapoznawcze miały wpływ na preferowanie kosmologii relatywistycznej? Dla dzisiejszej kosmologii, która znalazła się w pewnym kryzysie, analizy konkretnych przykładów z historii nauki mogą okazać się pomocne w poszukiwaniu dróg wyjścia i zainspirować do odkrywania nowych sposobów rozwiązywania istniejących problemów.<sup>8</sup>

---

E.L. Łokas, *Największa pomyłka Einsteina? Stała kosmologiczna i inne niewiadome w fizyce Wszechświata*, Warszawa 1998.

<sup>6</sup> Por. M. T E M P C Z Y K, *Kosmologia jako samodzielna nauka przyrodnicza*, „Człowiek i Światopogląd”, 11 (1986), 74-89, s. 80-81.

<sup>7</sup> 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 określenia własności czasu i przestrzeni, a więc przyjęcia pewnych założeń dotyczących całego Wszechświata. Por. H. B O N D I, *Cosmology*, Cambridge 1961<sup>2</sup>, tłum.: E. i A. Białas, *Kosmologia*, Warszawa 1965, s. 13, 183, 198-199; M. T E M P C Z Y K, *Związek fizyki z kosmologią*, „Studia Filozoficzne”, 2 (1988), 55-66.

<sup>8</sup> Współczesne publikacje świadczą o tym, że pomimo dominacji relatywistycznego podejścia do badań nad Wszechświatem inne teorie, w tym również dedukcyjne, w dalszym ciągu pozostają przedmiotem zainteresowań kosmologów. Por. F. J. T I P L E R, *Rigorous Newtonian cosmology*, „Am. J. Phys.”, 64 (1996), 1311-1315; R. A K R I D G E, *A simple cosmology: General relativity not required*, t a m ż e, 69 (2001), 195-200;

Jeden ze znawców kosmologii Milne'a (G.C. McVittie) stwierdził, że zawarte w niej idee są zarówno proste, jak i eleganckie.<sup>9</sup> Rodzi się zatem pytanie, dlaczego tak prosta i elegancka teoria została odrzucona? Dlaczego społeczność uczonych wybrała kosmologię relatywistyczną? Jakie racje zadecydowały o takim wyborze? Postawione pytania należałoby umieścić w znacznie szerszej perspektywie aksjologii epistemicznej, w kontekście toczącego 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).<sup>10</sup> Problem wartości epistemicznych jest współcześnie doniosły i dyskutowany.<sup>11</sup> R. Rudner podkreśla, że w procedurach naukowych w istotny sposób zaangażowane są sądy wartościujące i że to uczeni jako uczeni (nie jako filozofowie, czy ideolodzy) dokonują wartościowań.<sup>12</sup> W przypadku wyznaczenia kierunku rozwoju kosmologii pierwszej połowy XX w. decyzja taka dominowała w społeczności uczonych.

W realizacji postawionego celu wykorzystany został aspektywnie ujęty materiał faktyczny z historii kosmologii (relatywistycznej, Milne'a, neonewtonowskiej, Eddingtona, Diraca, Jordana, stanu stacjonarnego) w ramach czasowych wyznaczonych skonstruowaniem pierwszego modelu kosmologicznego (1917) i odkryciem promieniowania tła (1965). Analiza tego materiału pozwala wskazać na kryteria wyboru i akceptacji oraz pogrupować je w pewne kategorie. Stanowi to przyczynek do odpowiedzi na postawione w tytule artykułu pytanie.

Dzieje kosmologii są na ogół dobrze znana. Przedstawienie materiału historycznego jest jednak niezbędne, by dostrzec faktycznie dokonujące się wybory preferowania jednych teorii a rezygnowania z innych. Konieczna jest pogłębiona refleksja nad tego typu czynnościami poznawczymi. Takiej refleksji nie było ani u samych kosmologów, ani też nie ma jej w opracowaniach metodologicznych. Dostrzeżone w niniejszym artykule zachwianie proporcji pomiędzy częścią historyczną a filozoficzną i brak obszerniejszych analiz metodologicznych wynika głównie z faktu, iż aksjologia epistemiczna jest nową rozwijającą się dopiero dziedziną badań. Zasygnalizowane tu kwestie stanowią przygotowanie do

---

A. MACLEOD, *An Interpretation of Milne Cosmology*, <http://arxiv.org/ftp/physics/papers/0510/0510170.pdf>; M. CHODOROWSKI, *Cosmology Under Milne's Shadow*, [http://arxiv.org/PS\\_cache/astro-ph/pdf/0503/0503690.pdf](http://arxiv.org/PS_cache/astro-ph/pdf/0503/0503690.pdf); A. A. BYTSENKO AT ALL, *Orbifold compactification and solutions of M-Theory from Milne spaces*, [http://arxiv.org/PS\\_cache/hep-th/pdf/0501/0501008.pdf](http://arxiv.org/PS_cache/hep-th/pdf/0501/0501008.pdf); A. WALDRON, *Milne and Torus Universes Meet*, [http://arxiv.org/PS\\_cache/hep-th/pdf/0408/0408088.pdf](http://arxiv.org/PS_cache/hep-th/pdf/0408/0408088.pdf); J. G. RUSSO, *Cosmological string models from Milne spaces and  $SL(2, Z)$  orbifold*, [http://arxiv.org/PS\\_cache/hep-th/pdf/0305/0305032.pdf](http://arxiv.org/PS_cache/hep-th/pdf/0305/0305032.pdf).

<sup>9</sup> Por. G. C. MCVITTIE, *Milne's Theory of the Expansion of the Universe*, „Nature”, 131 (1933), 533-534.

<sup>10</sup> Por. B. TUCHAŃSKA, *Wartości w nauce: trzy ujęcia*, [w:] H. MOTYCKA (red.), *Wiedza a wartości*, Warszawa 2001, s. 67-81.

<sup>11</sup> Por. Z. HAJDUK, *Wartości epistemiczne: aktualne kontrowersje w aksjologii nauki*, „Rocz. Filoz.”, 50 (2002), z. 1, s. 165-184; A. JONKISZ, L. KOJ (eds), *On Comparing and Evaluating Scientific Theories*, „Poz. Stud. Phil. Sci. Hum.”, T. 72, Amsterdam-Atlanta 2002; H. LACEY, *Is Science Value Free? Values and Scientific Understanding*, London and New York: Routledge, 1999.

<sup>12</sup> Por. R. RUDNER, *The Scientist Qua Scientist Makes Value Judgements*, „Phil. Sci.”, 20 (1953), 481-498.

podjęcia tej problematyki w sposób bardziej pogłębiony w dalszych pracach badawczych.

## 2. Prezentacja historyczna

### 2.1. Problemy kosmologii relatywistycznej

Ogłoszenie w 1915 r. przez Alberta Einsteina ogólnej teorii względności (OTW) stworzyło szansę przezwyciężenia trudności z jakimi nie mogła uporać się kosmologia oparta na fizyce newtonowskiej. Twórca OTW był pierwszym, który podjął próbę zastosowania nowej teorii grawitacji do badania struktury całego Wszechświata, dając tym samym początek nowej dyscyplinie naukowej zwanej kosmologią relatywistyczną<sup>13</sup>. W ciągu zaledwie piętnastu lat od momentu swych narodzin kosmologia ta odnotowała niezwykle szybki rozwój. Opracowała własne metody badań, osiągnęła znaczące sukcesy w zbieraniu i interpretowaniu danych empirycznych, a przede wszystkim przełamała wielowiekowe schematy myślowe przyczyniając się do ugruntowania dynamicznego obrazu Wszechświata.

Kosmologia relatywistyczna w początkowym okresie swego dynamicznego rozwoju nie potrafiła jednak rozwiązać pewnych trudności, takich jak np. paradoks wieku Wszechświata. Wiek ten jest czasem, jaki upłynął od punktu osobliwości początkowej do chwili obecnej. W procedurze jego obliczania wykorzystuje się empirycznie wyznaczoną stałą Hubble'a ze wzoru  $H = V/l$ , gdzie  $V$  jest prędkością ucieczki obserwowanej galaktyki, a  $l$  jej odległością od obserwatora. Ponadto na drodze teoretycznej ustala się relację pomiędzy stałą  $H$  a wiekiem Wszechświata  $T$ . Wzór ujmujący tę relację wyprowadzany jest dla konkretnych modeli, gdyż jego postać zmienia się w zależności od założeń, a zwłaszcza od obecności i rodzaju materii wypełniającej Wszechświat (promienista, pyłowa).

Dla modelu de Sittera, tzn. dla świata bez materii ( $\rho \rightarrow 0$ ), bez stałej kosmologicznej ( $\lambda = 0$ ) i bez czynnika hamującego ekspansję, relacja pomiędzy stałą Hubble'a a wiekiem Wszechświata przyjmuje postać  $T = H^{-1}$ . Wiek Wszechświata jest więc odwrotnością stałej  $H$ . Natomiast w modelu Einsteina-de Sittera (Wszechświat z materią pyłową  $\rho \neq 0$ ,  $\lambda = 0$ ,  $k = 0$ ) relacja ta wyraża się wzorem  $T = 2/3 H^{-1}$ . Dla modeli z materią promienistą  $T = 1/3 H^{-1}$ . Wiek Wszechświata jest w tych modelach mniejszy ze względu na obecność grawitacji, która spowalnia tempo ekspansji.

W zależności od wyznaczonej obserwacyjnie wartości stałej Hubble'a otrzymujemy różny wiek Wszechświata. Bezpośrednio po ogłoszeniu prawa Hubble'a wartość tej stałej szacowano na  $H = 500$  km/s-Mps. Dawało to wynik  $T =$  ok. 2 miliardów lat. Już wcześniej (1927) Lemaître wskazywał, że teoretycznie wyliczony wiek Wszechświata może wynosić

---

<sup>13</sup> Zostało to dokonane w artykule „Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie“, *Sitzungsberichte der K. Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 1 (1917), s. 142-152. Moment ten uważany jest za narodziny kosmologii relatywistycznej. Por. M. HELLER, *Ewolucja kosmosu i kosmologii*, Warszawa 1983, s. 16.

około 1 miliarda lat. Wyniki te były paradoksalne, ponieważ prowadziły do wniosku, że Wszechświat jest młodszy od niektórych swoich obiektów, np. wieku Ziemi wyznaczonego za pomocą metody radioaktywnej (4-5 miliardów lat), czy też czasu ewolucji gwiazd (ok. 5 miliardów lat).<sup>14</sup>

Oprócz paradoksu wieku Wszechświata pewnym problemem dla powstającej kosmologii relatywistycznej była również pojawiająca się w wielu jej modelach osobliwość. Trudności jakie rodziła ta osobliwość nie miały jeszcze wtedy charakteru czysto geometrycznego i kosmologicznego, lecz raczej charakter filozoficzny. Dla wielu bowiem kosmologów, w tym również Einsteina, kojarzyła się ona bardzo wyraźnie z teologiczną tezą o kreacji Wszechświata z nicości. Wszyscy sprzeciwiający się takiej interpretacji osobliwości początkowej, czy to z racji wyraźnie metodologicznych, czy to światopoglądowych, szukali sposobów bądź usunięcia osobliwości z modeli kosmologicznych, bądź też nadania im takiej interpretacji, która nie rozstrzygałaby kwestii światopoglądowych.<sup>15</sup>

Ponadto zastosowany w OTW skomplikowany aparat matematyczny odstraszał niektórych naukowców, utrudniając zrozumienie i akceptację zbudowanej w oparciu o nią kosmologii. Wszystkie te względy natury formalnej, filozoficznej i światopoglądowej wpłynęły na pojawienie się teorii konkurencyjnych.

## 2.2. Kosmologia Milne'a

Jedną z pierwszych teorii alternatywnych wobec OTW i zbudowanej w oparciu o nią kosmologii relatywistycznej była zaproponowana przez Edwarda Artura Milne'a<sup>16</sup> tzw. kinematyczna teoria względności (KTW). Głównym czynnikiem inspirującym jej powstanie była próba wyjaśnienia zjawiska rozszerzania się Wszechświata<sup>17</sup> na przekór poznawczemu pesymizmowi J.H. Jeansa wyrażonemu w stwierdzeniu, że „nie wiemy i prawdopodobnie nigdy nie będziemy wiedzieli, dlaczego przestrzeń ekspanduje”<sup>18</sup>. Drugim powodem była krytyczna ocena einsteinowskiej teorii grawitacji i konstruowanych w oparciu o nią modeli

---

<sup>14</sup> Por. J. TUREK, *Wszechświat dynamiczny. Rewolucja naukowa w kosmologii*, Lublin 1995, s. 166-169. Dzisiejsze obserwacje pozwalają szacować wartość stałej Hubble'a  $H = 71$  km/s-Mps, co odpowiada wiekowi Wszechświata 13,7 miliarda lat.

<sup>15</sup> Por. J. TUREK, *Osobliwość początkowa a kreacjonizm w ujęciu Georges'a Lemaître'a*, „Studia Warmińskie”, 19 (1982), 435-448, s. 440.

<sup>16</sup> Edward Artur Milne (1896-1950) – angielski matematyk, astronom i filozof przyrody, jeden z czołowych pionierów teoretycznej astrofizyki i współczesnej kosmologii. W jego działalności naukowej łatwo dostrzec trzy okresy: w pierwszym (1920-1929) koncentrował się na problemach dotyczących atmosfery gwiazd, w drugim (1929-1932) większość energii poświęcił teorii struktury gwiazd a od 1932 r. zajął się własną kinematyczną teorią względności, którą uznał za pracę swego życia. Por. notatki biograficzne: McCrea W. H., Edward Arthur Milne 1896-1950, *Obituary Notices of Fellows of the Royal Society of London*, 7 (1951), s. 421-443; tenże, Edward Arthur Milne, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 111 (1951), s. 160-170; Plaskett H. H., Edward Arthur Milne, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 111 (1951), s. 170-172; Whitrow G. J., *Nature*, 166 (1950), s. 715-716.

<sup>17</sup> Por. E. A. MILNE, *Relativity, Gravitation and World-Structure*, Oxford 1935, s. 1.

<sup>18</sup> Tamże, s. 3. Por. WHITROW G. J., *E.A. Milne and Cosmology*, „Quart. Jour. R.A.S.”, 37 (1996), s. 365-367.

kosmologicznych.<sup>19</sup>

Podjęta przez Milne'a krytyka podstaw OTW swymi korzeniami tkwiła w przyjętych przez niego założeniach filozoficznych, dotyczących zwłaszcza wyboru hipotetyczno-dedukcyjnej metody uprawiania nauki, epistemologicznego celu uzyskania wglądu w naturę zjawisk, postulatu prostoty i pewnej odmiany konwencjonalizmu. Szczególnie ważny w tym względzie okazał się postulat prostoty, który pośrednio bądź bezpośrednio doprowadził do: 1) odrzucenia przestrzeni zakrzywionej, 2) krytyki pojęcia „rozszerzającej się przestrzeni”, 3) braku akceptacji założenia ścisłej współzależności przestrzeni i materii, 4) przyjęcia własnej koncepcji czasu i przestrzeni a odrzucenia czasoprzestrzeni, 5) odrzucenia całej OTW ze względu na zbyt skomplikowany aparat matematyczny.

Nie poprzestając na krytyce teorii Einsteina, Milne podjął zadanie skonstruowania własnej, opozycyjnej względem OTW, teorii względności, która w zamyśle autora miała być wskazaniem lepszego sposobu budowania gmachu wiedzy fizycznej i skuteczniejszą drogą prowadzącą do zrozumienia otaczającego świata.

Konstruowanie teorii (nauki), oprócz ustalenia aksjomatów i reguł wyprowadzania z nich twierdzeń, powinno zdaniem Milne'a polegać przede wszystkim na zbudowaniu *a priori* zbioru pojęć, z którymi zostaną porównane informacje uzyskane w doświadczeniu.<sup>20</sup> Przenosząc tę ideę na grunt kosmologii, przyjął procedurę metodologiczną rozpoczynającą się od ustalenia hipotez na podstawie swoich własnych ogólnych idei dotyczących Wszechświata, a następnie dedukcyjnego wyprowadzenia z tych hipotez testowalnych obserwacyjnie konsekwencji. Postulaty jego teorii można zatem potraktować jako hipotezy dotyczące doświadczalnego Wszechświata.<sup>21</sup>

Empiryczne testowanie teorii kosmologicznych było w latach trzydziestych zadaniem dość trudnym. Zasięg teleskopów wystarczał do pomiarów przesunięć linii widmowych i

---

<sup>19</sup> Krytyczną opinię na temat OTW Milne zawarł już w swojej pierwszej monografii z 1935 r. Myśl tę powtórzył w liście do S. Chandrasekhara, w którym napisał: „Prawo grawitacji Einsteina nie jest w żadnej mierze nieuchronnym wnioskiem, jaki wynika z zastosowania do opisu zjawisk metryki Riemanna. Nigdy nie byłem przekonany o jego konieczności (...). Ogólna teoria względności przypomina ogród, w którym kwiaty i chwasty zostały zupełnie pomieszane. Bezużyteczne chwasty są ścinane razem z kwiatami i oddzielane dopiero później! (...) W naszym ogrodzie hodujemy tylko kwiaty”. S. CHANDRASEKHAR, *Truth and Beauty. Aesthetics and Motivations in Science*, Chicago and London 1987, tłum.: P. Amsterdamski, *Prawda i piękno. Estetyka i motywacja w nauce*, Warszawa 1999, s. 132. Por. E. A. MILNE, *Relativity*, dz. cyt., s. 273.

<sup>20</sup> Merleau-Ponty zauważa, że taka definicja nauki wykazuje dużo podobieństw z definicją Kartezjusza. Według niego teoria Milne'a jest ściśle związana z metafizyką, bez której straciłaby rację bytu. Skoro rozum ludzki posiada możliwość i obowiązek budowania *a priori* zbioru pojęć, a czyniąc to nie ryzykuje popadnięcia w prostą grę symboli, lecz wręcz przeciwnie, umacnia się jego przekonanie o możliwości osiągnięcia prawdziwego wglądu, oznacza to, że ten sam Stwórca przekazał Wszechświatu swoje prawa, a rozum człowieka wyposażył w zdolność poznania. Odnalezienie przez fizykę tego wcześniej ustalonego w świecie racjonalnego porządku jest warunkiem koniecznym i wystarczającym do tego, by stała się ona doskonale dedukcyjna, a jednocześnie pozostała ściśle związana z przedmiotem swoich badań. Por. J. MERLEAU-PONTY, *Cosmologie du XX<sup>e</sup> siecle*, Paris 1965, s. 173.

<sup>21</sup> Tego rodzaju podejście wywołało ostrą krytykę. Milne'owi postawiono zarzut wyboru postulatów bez poddania ich empirycznym testom. Por. E. A. MILNE, *Relativity*, dz. cyt., s. 24, 27, 60-72; W. H. MCCREA, *The Evolution of Theories of Space-Time and Mechanics*, „Philosophy of Science”, 6 (1939), 137-162, s. 151.

sprawdzania prawa Hubble'a, ale był zbyt mały, by falsyfikować konkretne modele Wszechświata.<sup>22</sup> W przypadku KTW zwrócono uwagę, że nie da się jej przetestować w taki sposób, by można było wyprowadzić wniosek, że rzeczywisty Wszechświat skonstruowany jest tak samo, jak opracowany model teoretyczny. Wynika to stąd, że w modelu tym 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”.<sup>23</sup>

Wskazano jednak (W.H. McCrea) na niektóre rezultaty KTW, które w znacznym stopniu zgadzały się z ówczesnymi obserwacjami: 1° lorentzowska transformacja pomiędzy współrzędnymi obserwatorów umożliwiała zastosowanie do teorii Milne'a testów obserwacyjnych STW, 2° rozkład położenia i prędkości mgławic spiralnych w pierwszym przybliżeniu zgadzał się z obserwacją, 3° klasyczna interpretacja przyspieszenia cząstki swobodnej była bardzo podobna do newtonowskiego prawa grawitacji, 4° dwie skale czasowe rozwiązywały paradoks wieku Wszechświata, z którym nie mogła uporać się ówczesna kosmologia relatywistyczna.<sup>24</sup>

W okresie od 1933 do 1948 r. teoria Milne'a odgrywała w kosmologii znaczącą rolę i wielu brytyjskich teoretyków traktowało podejście kinematyczne jako bardzo obiecujące. W latach 1932-1940 ukazało się kilkadziesiąt artykułów odnoszących się do jego teorii, co świadczy o wielkim zainteresowaniu i dużym wpływie na kształtowanie się kosmologii w tym czasie.<sup>25</sup> Zasadniczym jednak problemem wydaje się brak otwartości znacznej części społeczności uczonych tamtego okresu w podejściu do nowej, oryginalnej teorii. Trafnie wyraził to Eddington w recenzji monografii *Relativity, Gravitation and World-Structure*: „Większość krytyków zamiast zająć się analizą poprawności teorii Milne'a, skupiła się na tym, czy różni się ona od kosmologii relatywistycznej.”<sup>26</sup>

Wydaje się, że osiągnięte przez Milne'a rezultaty nie potrafiły zainteresować szerszej społeczności uczonych ze względu na brak nowych fizycznych konsekwencji. Według McCrea było to spowodowane nieprecyzyjnym wykorzystaniem zasady kosmologicznej, która jasno sformułowana we wczesnych pracach, została zaciemniona w *Kinematic Relativity*. Wszechświat w najlepszym wypadku uzgadnia się z zasadą kosmologiczną jedynie statystycznie, a to nie spełniało żądań, jakie Milne postawił swojej teorii. Wydaje się więc, że

---

<sup>22</sup> Por. A. J. HARDER, E.A. Milne, *Scientific Revolutions and the Growth of Knowledge*, „Annals of Science”, 31 (1974), 351-363, s. 357-9.

<sup>23</sup> W. H. MCCREA, *The Evolution of Theories of Space-Time and Mechanics*, „Philosophy of Science”, 6 (1939), 137-162, s. 153.

<sup>24</sup> Por. t a m ż e , s. 152.

<sup>25</sup> Por. J. R. URANI, G. GALE, E.A. Milne and the Origins of Modern Cosmology: *An Essential Presence*, [w:] J. EARMAN, M. JANSSEN, J. D. NORTON (eds), *The Attraction of Gravitation: New Studies in the History of General Relativity* („Einstein Studies”, vol. 5), Boston 1994, 390-419, s. 400; H. H. KRAGH, *Cosmology and Controversy. The Historical Development of Two Theories of the Universe*, Princeton, N.J. 1999, s. 64.

<sup>26</sup> Por. A. S. EDDINGTON, *Relativity and Cosmogony*, „Nature”, 135 (1935), 635-636.

KTW została rozwinięta w taki sposób, by przynieść oczekiwany efekt, przynajmniej porównywalny do modeli kosmologii relatywistycznej, niezdolnych w swej ówczesnej formie do rozwiązania niektórych szczegółowych problemów, np. zagadnienia orbit planetarnych. Ponadto modele te były niemal identyczne i to stało się wystarczającym powodem, by uznać, iż teoria ta nie wnosi fizycznie nic nowego.<sup>27</sup> Ocena taka nie jest jednak do końca usprawiedliwiona, gdyż Milne'a fundamentalne cząstki (galaktyki) mogą być potraktowane jako rozmieszczone w sposób dyskretny, natomiast modele OTW reprezentują Wszechświat o gładko rozmytej materii. W konsekwencji takie własności wielkoskalowego Wszechświata, które w sposób charakterystyczny zależą od dyskretnego rozkładu galaktyk nie mogą być odkryte przez modele kosmologii relatywistycznej, natomiast mogą być w pewnej mierze ujawnione przez metody zastosowane w KTW.<sup>28</sup>

Na Milne'a krytykę kosmologii relatywistycznej (wprowadzenie czasu kosmicznego, rzekomy brak formalnej niezmienniczości metryki dla obserwatorów w ruchu względnym i użycie ekspandującej zakrzywionej przestrzeni) odpowiedział H.P. Robertson. Wykazał<sup>29</sup>, że zarówno Milne'a postulaty jak i uzyskane przez niego rezultaty można uważać za całkowicie równoważne założeniom jednej z klas modeli kosmologii relatywistycznej, w której materialna zawartość wszechświata traktowana jest jako zbiór cząstek próbnych niemających wpływu na jego metryczną strukturę (sytuacja podobna do sferycznego świata de Sittera).<sup>30</sup> Pokazał, że model Milne'a można otrzymać z równań pola OTW przy następujących założeniach: 1° ujemna krzywizna ( $k = -1$ ), 2° zerowa stała kosmologiczna ( $\lambda = 0$ ), 3° zaniedbywalny wpływ materii na metrykę, 4° zasada zachowania materii (założona przez Autora KTW w postaci równania ciągłości). Okazało się, że taki model przybliża się asymptotycznie do Wszechświata Minkowskiego, na którym opiera się kosmologia Milne'a.<sup>31</sup>

Gdy w latach 40-tych Milne rozwinął swoją kosmologię, stało się jasne, że integralną częścią jego programu są pewne tezy zawierające przekonania religijne — jego teoria prowadziła do poglądu o stworzeniu świata, które przypisywał on najwyższej woli Boga. G. Lemaître stwierdził, że nie podoba mu się taki arbitralny i sztuczny system. Odczuwał on wyraźną niechęć do sposobu użycia przez Milne'a tego rodzaju pozapoznawczych tez w kosmologii, choć nigdy tego jednoznacznie nie skrytykował. Z tych samych powodów krytyczną postawę wobec rozwiniętej przez Milne'a kosmologii zajął H. Weyl. Powiązanie

---

<sup>27</sup> Por. W. H. M C C R E A, *Edward Arthur Milne 1896-1950*, Cambridge, „Obit. Not. Roy. Soc.”, 7 (1951), 421-443, s. 436.

<sup>28</sup> Por. t a m ż e, s. 437; T E N Ź E, *Edward Arthur Milne*, „Monthly Notices of the R.A.S.”, 111 (1951), 2, 160-170, s. 169.

<sup>29</sup> Por. H. P. R O B E R T S O N, *On E.A. Milne's Theory of World Structure*, „ZS Astrophysik”, 7 (1933), 153-166.

<sup>30</sup> Por. t a m ż e, s. 156.

<sup>31</sup> Por. t a m ż e, s. 163-164. Również A.G. Walker po przeanalizowaniu modelu Milne'a, doszedł do wniosku, że jest on bardzo zbliżony do modeli OTW ze stałą ujemną krzywizną przestrzeni. Podkreślał jednak, że różni się on zasadniczo od pozostałych modeli relatywistycznych, tzn. modeli z zerową lub dodatnią krzywizną przestrzeni. Por. A. G. W A L K E R, *On Milne's Theory of World Structure*, „Proc. Lond. Math. Soc.”, 42 (1937), 90-127, s. 90.



KTW z elementami przekonań religijnych w wyraźny sposób wpłynęło na negatywną ocenę tej teorii w kręgach uczonych i w dużym stopniu przesłoniło jej zalety.<sup>32</sup>

Zarówno przytoczone tutaj względy, jak i próby ośmieszenia Milne'a teorii spowodowały, że jeśli w ogóle wspomina się tę teorię, to zwykle ocenia się ją jako dziwną, nierokującą żadnych perspektyw, gałąź kosmologii. Taki pogląd jest nie tylko nieuczciwy wobec jej autora, ale ukazuje również w nieprawdziwym świetle historię początków współczesnej kosmologii. Rzetelna ocena KTW powinna uwzględniać, że: 1° od momentu swego pojawienia się KTW została przyjęta jako alternatywna wobec kosmologii relatywistycznych, 2° solidne podstawy filozoficzne KTW ukształtowały formę i treść debaty na temat natury kosmologii jako nauki – Milne'a krytyka pojęcia zakrzywionej i ekspandującej czasoprzestrzeni oraz nacisk na konstruowanie definicji operacyjnych opartych na doświadczeniu upływu czasu, ograniczyły bardziej skrajne propozycje innych (J. Jeans, A.S. Eddington), 3° argumenty wspierające racjonalną epistemologię i hipotetyczno-dedukcyjną metodologię stworzyły tolerancję dla późniejszych prób, zwłaszcza kosmologii stanu stacjonarnego, opartych na tych filozoficznych stanowiskach, 4° teza, że wszystkie nauki w naturalny sposób rozwijały się z indukcyjnego empiryzmu w kierunku swobodnie ustanawianej aksjomatyzacji, silnie ukształtowały wypracowaną przez kosmologów koncepcję na temat ich własnych praktyk.<sup>33</sup>

Podjęta przez Milne'a próba zrekonstruowania całej fizyki nie odniosła jednak sukcesu i została odrzucona nawet przez tych, którzy jego program kosmologiczny uznali za wartościowy i bardzo obiecujący.<sup>34</sup> Również jego model, jako szczególny przypadek jednej z klas modeli relatywistycznych, został niemal zapomniany. Natomiast zastosowana przez niego racjonalistyczna epistemologia została powszechnie zaakceptowana, gdyż oparty na niej hipotetyczno-dedukcyjny sposób uzasadniania tez okazał się zarówno naukowy w swym charakterze, jak i owocny w faktycznej praktyce badawczej.<sup>35</sup>

### 2.3. Kosmologia neonewtonowska

Zaproponowana przez Milne'a „druga droga”<sup>36</sup> w konstruowaniu kosmologii stała się też inspiracją do podjęcia prób zbudowania modeli Wszechświata w oparciu o teorię Newtona i porównania ich z modelami relatywistycznymi. Pierwsze takie próby wykonał sam Milne już w roku 1934,<sup>37</sup> które wkrótce rozwinął wspólnie z McCrea.<sup>38</sup> Wykazali oni, że przy

---

<sup>32</sup> Por. H. KRAUGH, dz. cyt., s. 66.

<sup>33</sup> Por. J. R. URANI, G. GALE, dz. cyt., s. 390.

<sup>34</sup> Por. H. KRAUGH, dz. cyt., s. 64.

<sup>35</sup> Por. G. GALE, *Rationalist Programmes in Early Modern Cosmology*, „Astron. Quart.”, 8 (1991), 193-218, s. 215.

<sup>36</sup> Por. G. GALE, J. R. URANI, *Milne, Bondi and the 'Second Way' to Cosmology*, [w:] H. GOENNER, J. RENN, J. RITTER, T. SAUER (eds.), *The Expanding Worlds of General Relativity* („Einstein Studies”, vol. 7), The Center for Einstein Studies 1999, 343-375.

<sup>37</sup> Por. E. A. MILNE, *A Newtonian Expanding Universe*, „Quart. J. Math.”, 5 (1934), 64-72;

odpowiednim zinterpretowaniu pojęć teorii Newtona, zbudowana w oparciu o nią kosmologia jest w dużym stopniu równoważna kosmologii relatywistycznej. Okazało się, że główną przyczyną historycznych niepowodzeń w budowaniu newtonowskich modeli kosmologicznych było zakorzenione w świadomości uczonych przekonanie o statyczności Wszechświata. Budowa takiego modelu polega w uproszczeniu na skonstruowaniu możliwie największego układu dynamicznego. W tym celu przyjmuje się zapożyczone z STW założenie stałości prędkości światła (w ramach teorii Newtona nie da się takiego założenia uzasadnić) i zasadę kosmologiczną jako założenie upraszczające (nie jest to jednak konieczne, co już w 1942 r. wykazał O. Heckmann konstruując proste modele anizotropowe<sup>39</sup>). Analogicznie do kosmologii relatywistycznej, równania kosmologii newtonowskiej można uzupełnić o człon ze stałą kosmologiczną.<sup>40</sup>

Budując modele oparte na teorii Newtona, Milne rozważył najpierw przypadek szczególny, gdy cząstka znajdująca się na granicy sfery o promieniu  $r$  posiada paraboliczną prędkość ucieczki od masy  $M(r)$  wypełniającej tę sferę. Prędkość ta wynika z równania  $\frac{1}{2} v^2 = \gamma M(r)/r$ , gdzie  $\gamma$  jest newtonowską stałą grawitacji. Wykorzystując hydrodynamiczne równanie ciągłości otrzymał wzór na prędkość ucieczki takiej cząstki w postaci  $v = 2/3 r/t$ . Na podstawie przeprowadzonych rachunków wykazał zgodność między parabolicznym modelem newtonowskim a modelem Einsteina-de Sittera nie tylko lokalnie, lecz dla wszystkich wartości współrzędnych. Następnie rozpatrzył pozostałe przypadki pokazując, że newtonowski model eliptyczny (cząstki z prędkością eliptyczną) odpowiada relatywistycznym wszechświatom z krzywizną dodatnią, a model hiperboliczny (z cząstkami posiadającymi prędkość hiperboliczną), relatywistycznym wszechświatom o krzywiznie ujemnej. Wykazał również, że lokalne własności odpowiadających sobie modeli z obydwu grup są identyczne, a więc lokalny obraz świata otrzymany z obserwacji jest taki sam w obydwu przypadkach.<sup>41</sup>

## 2.4. Kosmologia stanu stacjonarnego

W kosmologii stanu stacjonarnego odróżnić należy dwie koncepcje: dedukcyjną i ekstrapolacyjną. Obydwie zrodziły się i zostały opublikowane w tym samym czasie.<sup>42</sup> Ich wspólną cechą jest założenie, że obraz Wszechświata nie zależy ani od miejsca ani od czasu prowadzenia obserwacji (jednorodność przestrzenna i czasowa). Aby gęstość materii w rozszerzającej się przestrzeni zachowywała stałą wartość musi zachodzić ciągła kreacja

---

E . A . M I L N E , *On 'Absolute Acceleration'*, „Nature”, 150 (1942), 489.

<sup>38</sup> Por. E . A . M I L N E , W . H . M c C r e a , *Newtonian Universes and the Curvature of Space*, „Quart. J. Math.”, 5 (1934), 73-80, s. 73-80.

<sup>39</sup> Por. O . H E C K M A N N , *Theorien der Kosmologie*, Berlin 1942.

<sup>40</sup> Por. H . B O N D I , *Cosmology*, dz. cyt., s. 97; M . H E L L E R , *Granice kosmosu i kosmologii*, Warszawa 2005, s. 104.

<sup>41</sup> E . A . M I L N E , *Relativity*, dz. cyt., s. 308-315.

<sup>42</sup> „Monthly Notices of the Royal Astronomical Society”, 108 (1948).

cząstek.

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

Teoria stanu stacjonarnego w wersji dedukcyjnej opracowana została przez Bondiego i Golda. Stanowiła ona kontynuację tradycji Milne'a. Z idealnej zasady kosmologicznej, przy uwzględnieniu praw termodynamiki i wyników obserwacji, wyprowadzili oni dedukcyjnie wniosek o rozszerzaniu się Wszechświata (co prawda model statyczny również spełniałby tę zasadę ale nie zgadzałby się z obserwowaną nierównowagą termodynamiczną). Poczernienie linii widmowych odległych galaktyk może być zatem potraktowane jako pozytywny wynik testowania wysuniętej hipotezy.<sup>43</sup>

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). 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.

Bondi i Gold wykazali, że sama idealna zasada kosmologiczna (bez odwoływania się do równań pola) jednoznacznie określa geometrię Wszechświata i prędkość jego ekspansji. Dodatkowym walorem były wyprowadzone z tej zasady empiryczne przewidywania 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, który potrzebowało wyemitowane z nich światło by dotrzeć do obserwatora). Niestety w latach 50-tych XX wieku możliwości obserwacyjne były niewystarczające by na podstawie tych przewidywań wybrać jeden z dwóch alternatywnych

---

<sup>43</sup> J. TUREK, *Wszechświat dynamiczny*, dz. cyt., s. 178;

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.<sup>44</sup>

Odmianą 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 ciągłego stwarzania 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.<sup>45</sup>

Teoria Hoyle'a, w przeciwieństwie do kosmologii Bondiego i Golda nie miała więc charakteru dedukcyjnego lecz była teorią ekstrapolacyjną. Posiadała dodatkowy walor w postaci ścisłego przewidywania średniej gęstości Wszechświata (około  $10^{-29}$  g/cm<sup>3</sup>). Obydwie wersje teorii stanu stacjonarnego były mocno krytykowane zarówno od strony przedmiotowej (niezgodność z zasadami zachowania), jak i metodologicznej (aprioryczny charakter założeń).

## 2.5. Teorie Eddingtona, Diraca i Jordana

Wspólną cechą wymienionych trzech teorii jest próba wyjaśnienia pewnych liczbowych koincydencji uzyskanych w analizie wartości stałych przyrody i potraktowania tego wyzwania jako podstawowego celu kosmologii. Koincydencje te można uzyskać łącząc wyniki pomiarowe w mega-, makro-, i mikroświecie. Są one zarówno intrygujące jak i trudne do wyjaśnienia, gdyż niezrozumiała jest istota związku na który one wskazują. Są to liczby bezwymiarowe otrzymane ze stałych przyrody: ładunku elektrycznego ( $e$ ), masy elektronu ( $m_e$ ), masy protonu ( $m_p$ ), stałej grawitacji ( $\gamma$ ), prędkości światła ( $c$ ), średniej gęstości materii we Wszechświecie ( $\rho_0$ ) i odwrotności stałej Hubble'a ( $T$ ):

$$\frac{e^2}{\gamma m_p m_e} = 0,23 \cdot 10^{40} \quad \text{stosunek siły elektrycznej do grawitacyjnej między protonem a elektronem;}$$

$$\frac{cT}{e^2/m_e c^2} \approx 4 \cdot 10^{40} \quad \text{stosunek „promienia” Wszechświata do promienia elektronu (zasięgu działania sił jądrowych);}$$

---

<sup>44</sup> Por. H. BOND I, *Cosmology*, dz. cyt. s. 182-198; M. HELLER, *Ostateczne wyjaśnienia Wszechświata*, Kraków 2008, s. 61-67.

<sup>45</sup> Por. TEN ŻE, *Granice kosmosu i kosmologii*, Warszawa 2005, s. 133-134; H. BOND I, *Cosmology*, dz. cyt. s. 198 n.

$$\frac{\rho_0 c^3 T^3}{m_p} \approx 10^{80} = [10^{40}]^2$$

stosunek „masy” Wszechświata do masy protonu (liczba cząstek we Wszechświecie);

$$\gamma \rho_0 T^2 \approx 1$$

stosunek grawitacyjnej energii potencjalnej Wszechświata do energii spoczynkowej cząstki.

Powyższe wyrażenia są skonstruowane z dobrze określonych empirycznych wielkości i ich wartość nie zależy od interpretacji. Mogą natomiast wskazywać na pewien związek pomiędzy kosmosem a mikroświatem. Jeśli zgodzić się na istnienie takiego związku ilościowego, należałoby również przyjąć istnienie pewnej jakościowej zależności struktury Wszechświata od atomowej struktury materii. Próbę zinterpretowania przedstawionych koincydencji i znalezienia wspólnego dla tych dwóch struktur opisu i wyjaśnienia podjęli (w dużym stopniu niezależnie od siebie) trzech fizycy: Arthur Eddington, Paul Dirac i Pascual Jordan.

Żadna z tych prób nie uzyskała jednak wśród kosmologów większego poparcia. W przypadku teorii Eddingtona i Diraca były to propozycje bardzo nietypowe w swoim podejściu do problemów kosmologicznych i odbiegające od uznanych standardów. Ich mocne skomplikowanie zarówno od strony formalnej (matematycznej) jak i treściowej (dodatkowych założeń) stanowiło duże utrudnienie w zrozumieniu zawartych w nich idei. Eddington wysunął pogląd, że główna trudność połączenia OTW z teorią kwantów tkwi w atomowej strukturze materii. Zaproponowana przez niego analiza badawcza była jednak tak skomplikowana, iż większość naukowców uważała, że nie jest w stanie szczegółowo prześledzić tej teorii. W ocenie Bondiego, „każda teoria dedukcyjna, która usiłuje wykazać, że fakty znane z obserwacji są konieczną konsekwencją procesu myślenia ludzkiego, jest natychmiast podejrzewana o dopasowywanie środków w celu osiągnięcia wyników.”<sup>46</sup> Stopień skomplikowania argumentacji stosowanej przez Eddingtona nie zmniejszył tych podejrzeń. Dużym minusem był również brak przewidywań, które mogłyby być wykorzystane w procesie testowania teorii. Dawała ona jedynie wyjaśnienie znanych wartości obserwowanych stałych fizycznych. Dodatkowym problemem była niezgodność wyliczonej w ramach teorii wartości stałej struktury subtelnej oraz stałej Hubble’a z danymi uzyskanymi z obserwacji.

Propozycja Diraca różniła się od teorii Eddingtona zarówno formalizmem matematycznym, jak i uzyskanymi wnioskami interpretacyjnymi. Dirac odrzucił opracowany przez swego poprzednika rachunek falowo-tensorowy uznając go za twór sztuczny i obarczając go odpowiedzialnością za nieuzasadnioną sugestię, że uzyskane w nim wielkie liczby posiadają jakieś fundamentalne znaczenie. Według niego jedynym i to przypadkowym czynnikiem odpowiedzialnym za ich wartości jest czas dokonywania obserwacji. W związku z tym wszystkie bezwymiarowe stałe fizyczne są jedynie funkcjami czasu. Są więc ściśle

---

<sup>46</sup> T A M Ż E , s. 205.

związane z daną epoką i nie posiadają jakiegokolwiek wewnętrznego znaczenia. Zdaniem Bondiego propozycja Diraca była „rozpaczliwym wyjściem z sytuacji, w której żadna z istniejących teorii nie była w stanie wyjaśnić wielkich liczb.”<sup>47</sup> Nie zawierała też żadnych konkretnych wskazań co do kierunku rozwoju kosmologii, a jedynie kwestionowała zasadność wykorzystywania powszechnie używanych teorii fizycznych w konstruowaniu modeli kosmologicznych.

W przypadku propozycji Jordana najważniejszym wobec niej zarzutem była wyraźna sprzeczność, jaka zachodziła pomiędzy przewidywaniami teorii a wynikami obserwacji. Bezpośrednim testem obserwacyjnym była średnia częstość występowania supernowych. Teoria przewidywała wynik nieco większy od jednej takiej gwiazdy na galaktykę w ciągu roku, natomiast dane empiryczne wskazywały na tą samą liczbę ale raz na 200-300 lat. Drugim powodem ostrożności kosmologów wobec tej propozycji było odrzucenie przez jej autora prawa zachowania masy spowodowane błędnym rozumieniem paradoksu Olbersa. Brakiem tej teorii była też niekonsystentność zewnętrzna przejawiająca się w odrzuceniu uznanego w astrofizyce wyjaśnienia procesu formowania się gwiazd w wyniku kondensacji grawitacyjnej. Matematyczna postać teorii Jordana opierała się na pewnej odmianie OTW zwanej rzutową teorią względności, dlatego jest uważana (Bondi) raczej za przykład koncepcji ekstrapolacyjnej.<sup>48</sup>

## 2.6. Recepcja kosmologii dedukcyjnych

Spośród wielu kosmologicznych teorii powstałych w latach 30-tych, propozycja Milne’a a w mniejszym stopniu również kosmologia Diraca<sup>49</sup> należały do tych teorii, które w tamtym czasie odegrały szczególną rolę w kształtowaniu się współczesnej kosmologii jako nauki o wielkoskalowym Wszechświecie. Obydwie teorie reprezentują również pewien wyjątkowy trend w sposobie myślenia brytyjskich kosmologów – szczególne połączenie racjonalizmu i empiryzmu, wyjątkowo silnie ujawniające się w latach 30-tych i 40-tych XX w.<sup>50</sup>

W epistemologicznych dyskusjach dotyczących problemu źródeł wiedzy naukowej w pierwszej połowie XX wieku dominował empiryzm. Głosił on, że tylko dane obserwacyjne i wyniki eksperymentów mogą stanowić podstawę teorii naukowych. Większość kosmologów tamtego okresu podzielało tę opinię. Obok tego nurtu rozwijał się w tym czasie — głównie w Anglii — również racjonalizm. Kierunek ten, opozycyjny względem empiryzmu, dopuszczał taki proces badawczy, w którym punktem wyjścia teoretycznych wysiłków naukowców mogą

---

<sup>47</sup> T A M Ż E , s. 208.

<sup>48</sup> Por. T A M Ż E , s. 212-214.

<sup>49</sup> Por. P . A . M . D I R A C , *A New Basis for Cosmology*, „Proc. Roy. Soc.”, 165 (1938), A, 199-208; J . D . N O R T H , *The Measure of the Universe. A History of Modern Cosmology*, Oxford 1965, s. 201-205.

<sup>50</sup> Por. H . K R A G H , dz. cyt., s. 61.

być tkwiące w umyśle i niezależne od doświadczenia zmysłowego pojęcia ogólne.<sup>51</sup>

Racjonalistyczna kosmofizyka wykładana w różnych wersjach przez Eddingtona, Milne'a i Diraca z jednej strony cieszyła się dużą popularnością w Anglii, z drugiej natomiast spotykała się z ostrym sprzeciwem ze strony bardziej empirycznie nastawionych naukowców i filozofów. Głównym przedstawicielem nurtu empiryczno-indukcyjnego w latach 30-tych i 40-tych XX wieku w Anglii był Herbert Dingle. Zdecydowanie sprzeciwiał się stosowaniu w nauce metod apriorycznych. Te niezrównoważone jego zdaniem metody nazywał „współczesnym arystotelizmem”. W 1932 r. pod wpływem spotkań z Richardem Tolmanem i A. Einsteinem zainteresował się teoretyczną kosmologią i przeprowadził systematyczne badania anizotropowych modeli Wszechświata. Stwierdził, że założenie przestrzennej jednorodności jest niczym innym, jak tylko „roboczą hipotezą, przyjmowaną dopóty, dopóki nie wchodzi ona w konflikt z obserwacją lub teoretycznym prawdopodobieństwem.”<sup>52</sup> Pogląd ten stał w jawnej opozycji do przyjętej przez Milne'a zasady kosmologicznej<sup>53</sup>, którą Dingle kategorycznie odrzucał. Interesując się również historią i filozofią nauki, opublikował on pracę definiującą naukę jako zorganizowany zdrowy rozsądek. W teoriach Milne'a, Eddingtona, Diraca i ich zwolenników dostrzegał natomiast zagrożenie dla empiryzmu.<sup>54</sup>

Dingle opowiadał się za tezą, iż autentyczna nauka jest empiryczna w płaszczyźnie epistemologicznej (wiedza naukowa opiera się na doświadczeniu zmysłowym) i indukcyjna w płaszczyźnie metodologicznej (ogólne zasady wypracowywane są dzięki stosowaniu logiki indukcyjnej). Zdecydowanie sprzeciwiał się poglądom, że wiedzę o przyrodzie można uzyskać z ogólnych zasad znanych ludzkiemu rozumowi niezależnie od zmysłowej percepcji. Jako przykład takiej postawy wymieniał poglądy Milne'a, cytując jego stwierdzenie, iż prawa dynamiki można wyprowadzić racjonalnie, bez odwoływania się do doświadczenia.<sup>55</sup>

---

<sup>51</sup> Podobna różnica zdań na temat źródeł naukowej wiedzy miała miejsce ponad dwa wieki wcześniej między Lockem i Kartezjuszem. Por. G. GALE, *Philosophical Aspects of the Origin of Modern Cosmology*, [w:] N. S. HETHERINGTON (ed), *Encyclopedia of Cosmology: Historical, Philosophical, and Scientific Foundations of Modern Cosmology*, New York 1993, 481-495, s. 487.

<sup>52</sup> H. DINGLE, *On isotropic models of the universe, with special reference to the stability of the homogeneous and static states*, „Month. Not. R.A.S.”, 94 (1933), s. 134-158.

<sup>53</sup> Zasadę kosmologiczną przyjmowano od samego początku kosmologii przyrodniczej. Wprowadzana była bądź jako założenie upraszczające (wręcz umożliwiające) rachunki, bądź też jako idealizacja przedmiotu badań (Wszechświata). Por. D. DĄBEK, *Edwarda A. Milne'a ujęcie zasady kosmologicznej*, „Roczniki Filozoficzne”, tom LII, nr 1 (2004), Redakcja Wydawnictwa TN KUL, s. 163-181.

<sup>54</sup> Por. H. DINGLE, *Modern Aristotelianism*, „Nature”, 139 (1937), s. 784-786; H. KRAGH, dz. cyt., s. 69.

<sup>55</sup> Dingle wyrwał ten fragment z większej całości i posłużył się nim do uzasadnienia swego ataku na metodę zastosowaną przez Milne'a. Szerszy kontekst cytowanej wypowiedzi pokazuje, że należy ją rozumieć nieco inaczej. Było to zdanie wypowiedziane w polemice z de Sitterem, który uważał, że w fizycznym świecie nie istnieją żadne doświadczenia, które umożliwiałyby rozróżnianie zaproponowanych w KTW dwóch skal czasowych  $t$  i  $\tau$ . W odpowiedzi Milne stwierdził, że „prawa dynamiki można w rzeczywistości wyprowadzić racjonalnie, wyłącznie z rozważań kinematycznych bez odwoływania się do doświadczenia, a następnie przez porównanie ich z empirycznymi prawami rozpoznać, że to czas  $\tau$  a nie  $t$  jest zmienną niezależną w prawach empirycznych” (E. A. MILNE, *Kinematics, Dynamics*, part I, dz. cyt., s. 329). Por. H. DINGLE, *Modern Aristotelianism*, dz. cyt., s. 784. Szczegółowe rozważania dotyczące stosowanej przez Milne'a metody badań przedstawione zostaną w rozdziale trzecim.

Krytykował zarówno jego epistemologiczny racjonalizm (wiedza naukowa oparta jest na czysto teoretycznym rozumowaniu), jak i metodologiczny charakter hipotetycznego dedukcjonizmu (ogólne zasady są prawomocne dzięki dedukcyjnie implikowanym poprawnym obserwacjom).<sup>56</sup>

W poglądach zwolenników kosmologii dedukcyjnej dostrzec można postawę racjonalistyczną w epistemologicznej kwestii źródeł naukowej wiedzy. Byli oni bowiem przekonani, że czysto spekulatywne, aprioryczne rozumowanie jest w pełni prawomocnym sposobem budowania pojęć teoretycznych. Milne wyraźnie stwierdził, że prawa dynamiki można wyprowadzić całkowicie racjonalnie, nie odwołując się do żadnych eksperymentów.<sup>57</sup> Sprowokował tym atak indukcjonistów, którzy broniąc jedynie słusznej ich zdaniem drogi postępowania naukowego, oskarżyli go o arystotelizm.<sup>58</sup> Wierzyli, że wyłącznym sposobem uprawiania „prawdziwej” nauki jest metoda indukcyjna, czyli zbieranie danych doświadczenia, a dopiero potem na ich podstawie formułowanie hipotez i ich empiryczne testowanie.<sup>59</sup>

Eddington, Dirac i Milne stali się dla indukcjonistów przedstawicielami metodologicznej opozycji, gdyż proponowali kolejność odwrotną. Zostali oskarżeni o wypaczenie właściwej, galileuszowej metody nauki, którą z kolei Milne postrzegał jako niewyszukany empiryczny indukcjonizm. Ostry krytycyzm Dingle’a skierowany był przede wszystkim pod adresem zasady kosmologicznej, którą uważał za przejaw pseudonauki. Dingle twierdził, że przyjmowanie ogólnych zasad niewyprowadzonych z doświadczenia oznaczałoby śmierć XVII-wiecznej „eksperymentalnej filozofii”, która obecnie nazywana jest nauką.<sup>60</sup> „Milne i Dirac (...) skoczyli głową w dół w ocean stworzonych przez siebie «zasad». (...) Zamiast indukcyjnego wyprowadzania zasad z doświadczeń otrzymujemy pseudonaukę zatwardziałej kosmologii i jesteśmy zachęceni do popełnienia samobójstwa, aby uniknąć konieczności umierania. Jeśli ktoś nie ma pewności, co do miejsca wyobraźni w nauce, niech porówna odkrycie argonu przez Rayleigha z odkryciem przez Diraca kreacji protonów, która według *The Times* «zmienia w sposób fundamentalny nasze idee dotyczące struktury Wszechświata i natury czasu»”.<sup>61</sup> Ostro wypowiedziany przez Dingle’a sprzeciw

---

<sup>56</sup> Por. E. A. MILNE, *Kinematics, Dynamics and the Scale of Time*, „Proc. Roy. Soc.”, 158 (1937), A, part I, 324-348; G. GALE, *Philosophical Aspects*, dz. cyt., s. 491.

<sup>57</sup> Por. E. A. MILNE, *Kinematics, Dynamics*, part I, dz. cyt., s. 324-348.

<sup>58</sup> Arystotelesowska koncepcja uprawiania nauki opierała się na stożkowej strukturze teorii: na szczycie znajdowało się jedno lub kilka zdań naczelnych (zasad), z których wyprowadzone były pozostałe zdania teorii. Zachodzi to zwłaszcza wtedy, gdy system wiedzy jest uporządkowany dedukcyjnie. W XX wieku nawiązano do tej koncepcji (m.in. R. Carnap) tworząc empirycznie zinterpretowany system dedukcyjny. Interpretacja takiego systemu dokonywana jest w oparciu o zdania obserwacyjne, a jej narzędziem są przyporządkowujące reguły interpretacji. Por. Z. HAJDUK, *Ogólna metodologia nauk*, Lublin 2001<sup>2</sup>, s. 126-127.

<sup>59</sup> Jest to tzw. trapezowy schemat struktury teorii, opracowany przez J.S. Milla. Budowa teorii według tej koncepcji rozpoczyna się „od dołu”, czyli od danych doświadczenia, następnie mierza „ku górze”, do tego o charakterze ogólnym, by w końcowym etapie „zejść w dół”, czyli dedukcyjnie wyprowadzić konsekwencje umożliwiające skonfrontowanie teorii z danymi doświadczenia. Por. t a m ż e .

<sup>60</sup> Por. H. DINGLE, *Modern Aristotelianism*, dz. cyt., s. 785.

<sup>61</sup> T a m ż e , s. 786.



sprowokował w 1937 r. gorącą debatę w *Nature*, w której udział wzięło wielu brytyjskich naukowców, a wśród nich między innymi: A. Eddington, P.A.M. Dirac, W.H. McCrea, G.J. Whitrow, R.A. Sampson, fizyk Charles G. Darwin, matematyk i geofizyk Harold Jeffreys, biolog J.B.S. Haldane i filozof G. Dawe Hicks.<sup>62</sup>

Spośród zwolenników aprioryzmu najostrzej zaatakowano Milne'a.<sup>63</sup> Zarzucono mu przede wszystkim to, że wykorzystanie danych empirycznych przeniósł na sam koniec etapu uzasadniania, oraz to, że źródeł swych hipotez upatrywał w abstrakcyjnych pojęciach ogólnych i bardzo szerokich zakresowo propozycjach dotyczących wielkoskalowej struktury Wszechświata.<sup>64</sup> Dla indukcjonistów były to aprioryczne fantazje równoznaczne ze zdradą galileuszowej metody stanowiącej kryterium odróżniania nauki od innych intelektualnych przedsięwzięć. Jedynym prawomocnym dla nich sposobem postępowania było zawieszenie wszystkich prekoncepcji oraz inicjowanie nauki od bezzałożeniowego szukania faktów. Jakikolwiek aprioryczne założenia przyjmowane na początku procesu badawczego były dla nich czynnikiem dyskwalifikującym jego wartość.<sup>65</sup>

W odpowiedzi, Milne odrzucił postawione mu zarzuty mistycyzmu i ekstrawagancji. Wskazywał, że jego celem było zrekonstruowanie fizyki w taki sposób, by była ona zrozumiała dla przeciętnego człowieka i często deklarował swoją niechęć do braku jasności, którą — jak twierdził — znajdował u Jeansa. Gdy chodzi o racjonalizm, Milne nie widział żadnego powodu, by w jego kierunku robić ukłony. Podkreślał, że przyjęcie tezy o racjonalności Wszechświata oznacza jego zdaniem tylko tyle, że z wiedzy o tym, j a k i jest Wszechświat, można dojść na drodze dedukcji do obowiązujących w nim praw.<sup>66</sup>

Dingle uważał jednak, że w sporze tym chodzi o coś więcej, niż tylko o pewien rodzaj „matematycznego dziwactwa” kilku fizyków. Tym, co go naprawdę zaniepokoiło, były kwestie naukowej polityki, pewnych standardów kulturowych i ogólnej atmosfery intelektualnej mogącej stanowić jego zdaniem zagrożenie dla świata nauki. Czyniąc aluzję do sytuacji nauki w nazistowskich Niemczech i Związku Sowieckim, przestrzegał przed autorytarnymi tendencjami, jakie dostrzegał w kosmofizyce. Uważał, że w znacznym stopniu zagubiono kryterium rozróżniania sensu od nonsensu, tolerując jakiekolwiek stwierdzenia podpierane jedynie czyimś nazwiskiem, bądź renomą wydawnictwa publikującego czyjeś

---

<sup>62</sup> Por. *Physical Science and Philosophy*, London, Supplement to „Nature” of June 12, 1937, s. 1000-1010; G . G A L E , N . S H A N K S , *Methodology and the Birth of Modern Cosmology*, „Studies in History and Philosophy of Modern Physics”, 27 (1996), B, 279-296.

<sup>63</sup> P o r . t a m ż e .

<sup>64</sup> Nie był to zarzut do końca słuszny, gdyż Milne nie tworzył swej teorii w całkowitym oderwaniu od obserwacyjnych faktów. Podejmując zadanie „dania wglądu” w zjawisko ekspansji Wszechświata, w punkcie wyjścia oparł się na wynikach obserwacji Sliphera i Hubble'a. Por. E . A . M I L N E , *World-Structure and the Expansion of the Universe*, „Zeitschrift für Astrophysik”, 6 (1933), 1-95, s. 6; D . D A B E K , *Czynnik empiryczny w kosmologii Edwarda Artura Milne'a*, „Roczniki Filozoficzne”, tom LIV, nr 2 (2006), Redakcja Wydawnictwa TN KUL, s. 31-47.

<sup>65</sup> Por. G . G A L E , N . S H A N K S , dz. cyt., s. 289.

<sup>66</sup> E . A . M I L N E , *On the Origin of Laws of Nature*, „Nature”, 139 (1937), s. 997-999. Por. H . K R A G H , dz. cyt., s. 70.

poglądy. Podkreślał, że istnieje wystarczająco wiele świadectw negatywnych efektów doktryn wyprowadzonych w sposób czysto racjonalny, bez uciekania się do doświadczenia. Dlatego postulował konieczność oczyszczenia z takich pomysłów atmosfery naukowych badań.<sup>67</sup> Już wcześniej krytykował on współczesną fizykę teoretyczną uważając ją za ezoteryczną i daleką od zdrowego naukowego rozumowania. Cechy te wywodził z nadmiernej matematyzacji fizyki. W 1934 r. sprzeciwił się przedstawianiu przez teoretycznych fizyków matematyki „jako czarodziejskiej różdżki niewielu, zamiast skoncentrowanego rozsądku wszystkich, (...) gdy sama jej nazwa stała się umysłowym środkiem nasennym i elementarnym mitem, który poprzednie pokolenie odkryłoby dzięki najzwyczajszym myślicielom, a teraz oszukuje przenikliwe umysły, które okłamują zdezorientowanych jej pisownią.”<sup>68</sup>

Odpowiedzi dedukcjonistów na krytykę mogły jedynie utwierdzić Dingle’a w przekonaniu o konieczności podjęcia intelektualnej bitwy skierowanej przeciwko kosmofizyce. Większość uczestników dyskusji zdystansowało się od skrajnego empiryzmu, choć z drugiej strony niewielu stanęło wyraźnie po stronie racjonalizmu. W każdym razie przez lata wojny racjonalistyczny i dedukcjonistyczny trend cieszył się nadal dużą popularnością w Wielkiej Brytanii. Było to częścią ducha czasów, szczególnie w intelektualnym życiu Brytyjczyków. Przykładem może tu być Haldane, który w swych ewolucyjnych spekulacjach wykorzystywał nowy, racjonalistyczny sposób prowadzenia badań, czy też Frederic Arnot, szkocki fizyk, rozwijający własną misterną wersję kosmofizyki, opartą w dużej mierze na ideach Milne’a i Diraca.<sup>69</sup> W latach 50-tych Dingle mógł więc ponownie wystąpić do walki przeciwko tym, których uważał za spadkobierców kosmofizyków sprzed 20 lat.<sup>70</sup>

Stanowiącą swoistą kontynuację tego nurtu teoria stanu stacjonarnego, zarówno w wersji Bondiego-Golda, jak również Hoyle’a, ze względu na zawarty w niej postulat samokreacji materii, była sprzeczna z podstawowymi dla nauk przyrodniczych zasadami zachowania. Z tego powodu ich idea została przez społeczność naukowców potraktowana jak herezja. Jednakże kosmologia relatywistyczna przyżywała w tym czasie trudności (problem wieku Wszechświata), a wielu uczonych ze względów światopoglądowych nie chciało zaakceptować osobliwości początkowej. Część z nich wolała zatem przyjąć tezę o ciągłej kreacji cząstek by uniknąć w ten sposób trudnego do zinterpretowania Wielkiego Wybuchu. Przeciwnicy teorii stanu stacjonarnego (H. Dingle) wysuwali dodatkowy zarzut podkreślając jej aprioryczny charakter.<sup>71</sup>

---

<sup>67</sup> Por. t a m ż e .

<sup>68</sup> H . D I N G L E , *Physics and the public mind*, „Nature”, 133 (1934), s. 818-820. Por. H . K R A G H , dz. cyt., s. 70-71.

<sup>69</sup> W przeciwieństwie do Milne’a i Diraca, Arnot odrzucił dopplerowską interpretację przesunięcia ku czerwieni, które powiązał ze zmienną prędkością światła. Jego Wszechświat był statyczny w czasie  $\tau$ , z promieniem  $2 \cdot 10^9$  lat świetlnych i gęstością  $1,9 \cdot 10^{-28}$  g·cm<sup>-3</sup>. Por. H . K R A G H , dz. cyt., s. 71, w przyp.

<sup>70</sup> Por. t a m ż e , s. 71; H . B O N D I , *The Cosmological Scene 1945-1952*, [w:] B . B E R T O T T I E T A L L (eds.), *Modern Cosmology in Retrospect*, Cambridge 1990, 189-196.

<sup>71</sup> H . K R A G H , dz. cyt., s. 224-227.

Wydaje się jednak, że to nie tyle argumenty przeciwników teorii stanu stacjonarnego ile szybkie postępy w badaniach nurtu relatywistycznego miały decydujący wpływ na stopniowe marginalizowanie tej teorii. Laboratoryjne testy OTW wykazały zgodność jej teoretycznych przewidywań z wynikami empirycznymi (zależność częstości fotonów promieniowania gamma od natężenia pola grawitacyjnego Ziemi).<sup>72</sup>

Najsilniejszym jednak czynnikiem decydującym w starciu tych dwóch teorii, przechylającym szalę zwycięstwa na stronę kosmologii relatywistycznej były wyniki badań obserwacyjnych. Uzyskanie tych wyników było możliwe dzięki wykorzystaniu radarów służących wojsku w II wojnie światowej i szybkiemu rozwojowi technik obserwacyjnych w radioastronomii. 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 któregośkolwiek z nich, lecz jest złożonym procesem kumulowania wielu wyników badań, obserwacji i eksperymentów relewantnych dla danej teorii.<sup>73</sup>

Szukając rozwiązania problemu powstawania pierwiastków chemicznych we Wszechświecie George Gamow wraz z Ralphem Alpherem i Hansem Bethe opracowali teorię kosmicznej nukleosyntezy (od nazwisk jej autorów nazwana teorią  $\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$ ). Była ona ściśle związana z modelem Wielkiego Wybuchu i uwzględniała mechanizmy jakie musiały panować we wczesnym gorącym Wszechświecie. Przewidywania tej teorii dla pierwiastków lekkich (do litu włącznie), które stanowią 99% materii barionowej, pokrywały się z uzyskaną obserwacyjnie krzywą obfitości występowania izotopów. Reakcją na ten sukces było opracowanie przez Hoyle'a wraz z Eleanorą i Goeffreyem Burbidge'ami oraz Williamem Fowlerem teorii konkurencyjnej (od nazwisk jej autorów nazwanej teorią  $HB^2F$ ), która zakładała, że jądra pierwiastków tworzyły się wyłącznie we wnętrzach gwiazd. Podjęte badania, których celem było sprawdzenie zgodności przewidywań obydwu teorii z wynikami obserwacji pokazały, że jądra pierwiastków lekkich musiały powstawać we wczesnej gorącej fazie ewolucji Wszechświata (zgodnie z teorią  $\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$ ), natomiast jądra pozostałych powstają we wnętrzach gwiazd (zgodnie z teorią  $HB^2F$ ). Było to kolejne poparcie dla idei kosmologii relatywistycznej.<sup>74</sup>

Kolejnym obserwacyjnym 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 a stanowiły poparcie dla kosmologii relatywistycznej, gdyż wskazywały że im odleglejsze (wcześniejsze) rejony Wszechświata, tym gęstszy rozkład radioźródeł.<sup>75</sup>

---

<sup>72</sup> Por. M. HELLER, *Ostateczne wyjaśnienia*, dz. cyt., s. 70-72.

<sup>73</sup> Por. H. KRAGH, dz. cyt., s. 269-271.

<sup>74</sup> Por. J. TUREK, *Wszechświat dynamiczny*, dz. cyt., s. 158-160; M. HELLER, *Granice kosmosu*, dz. cyt., s. 136-147; H. KRAGH, dz. cyt., s. 110-123.

<sup>75</sup> Por. M. HELLER, *Ostateczne wyjaśnienia*, dz. cyt., s. 72.

Dodatkowym problemem dla teorii stanu stacjonarnego 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 model Wszechświata stacjonarnego nie przewidywał. 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 relikтового tła nie należy traktować ani jako ostatecznej racji za słusnością teorii Wielkiego Wybuchu, ani też jako jedyne decydującego argumentu za odrzuceniem teorii stanu stacjonarnego. Przez społeczność uczonych zostało ono raczej potraktowane jako okoliczność, która zadecydowała o ostatecznym odrzuceniu tej teorii.<sup>76</sup>

### 3. Analiza metodologiczna

#### 3.1. Kryteria wyboru teorii naukowych

We współczesnej filozofii nauki wskazuje się (np. M. Bunge, Z. Hajduk) na pewne grupy kryteriów branych pod uwagę przy ocenie i wyborze teorii naukowych. Należy dodać, że kryteria te są traktowane również jako determinanty postępu poznawczego w nauce. Znane są różne propozycje ich grupowania. Zwykle wyróżnia się grupę kryteriów epistemicznych i pozaepistemicznych. Wśród tych ostatnich wymieniane są uwarunkowania historyczne, psychologiczne, społeczne, ekonomiczne, polityczne i kulturowe. W pierwszej grupie (epistemiczne) wyróżnia się natomiast kryteria empiryczne, takie jak np. adekwatność empiryczna, zawartość empiryczna, testowalność, efektywność, moc predykcyjna, oraz kryteria teoretyczne, które z kolei dzieli się na standardowe i niestandardowe. Te ostatnie to m.in.: zgodność z obiektywistyczną (mającą wpływ na naukę) epistemologią i zgodność z obiektywistyczną ontologią. Standardowe natomiast dzieli się na formalne i treściowe. Wśród formalnych wyróżnia się: niesprzeczność wewnętrzną, niesprzeczność zewnętrzną (z faktami, z innymi teoriami i przy aplikacji do określonych problemów), konsystentność wewnętrzną (warunkującą zawartość informacyjną) i zewnętrzną (zgodność z dotychczasową wiedzą),

---

<sup>76</sup> Por. H. K R A G H, dz. cyt., s. 358.

systemowość, ekonomię słownika (nieliczne terminy pierwotne), prosty, skuteczny i owocny język oraz prostotę. Wśród treściowych wymienia się: tłumaczenie zdarzeń, tłumaczenie hipotez, wyjaśnianie interteoretyczne (jednych teorii lub praw przez inne) w którym ceni się efektywność, zasięg i precyzję, oraz moc projektywna (pro- i retroгноza), płodność porównawcza systemów teoretycznych w sensie logicznym (zgodność z wymogami logiki), epistemicznym (lepsze tłumaczenie zdarzeń i teorii systemu) i heurystycznym (wskazanie na nowe pola badań), a także podatność na wieloaspektową krytykę.

Inna propozycja grupowania jest mniej złożona w swej strukturze lecz bardziej rozbudowana pod względem liczby wymienianych kwalifikacji oceniających: formalne (poprawność sformułowań, systemowość konstruktów, konsystentność wewnętrzna, poprawność związków inferencyjnych, niezależność terminów pierwotnych, moc dedukcyjna), semantyczne (językowa dokładność, pojęciowa jednorodność, empiryczna interpretowalność, reprezentatywność), epistemologiczne (konsystentność zewnętrzna, predykcyjna moc wyjaśniająca, moc unifikująca, zasięg i głębia tłumaczenia, plastyczność i relatywna stałość, moc heurystyczna, oryginalność), metodologiczne (testowalność, metodologiczna prostota), filozoficzne (ontologiczna oszczędność, zgodność ze zorientowaną na naukę ontologią, zgodność ze zorientowaną na naukę epistemologią).

Odrębnym zagadnieniem, które w filozofii nauki stanowi obecnie przedmiot dyskusji, a które nie zostanie tutaj poruszone, jest kwestia aktualizująca się na wyższym poziomie metodologicznym, a mianowicie problem rangowego uszeregowania (w szczególnym przypadku zhierarchizowania) wymienionych i pogrupowanych kryteriów.

### **3.2. Racje odrzucenia kosmologii dedukcyjnej**

Dokonana analiza teorii kosmologicznych tworzonych i rozwijanych w ciągu pierwszego półwiecza dziejów kosmologii przyrodniczej umożliwiła uwyrażnienie wątków aksjologicznych, wskazanie na pewne kwalifikacje, które zadecydowały o preferowaniu jednych teorii a marginalizowaniu innych, oraz zarysowanie kontekstu społecznego wpływającego na dokonywane przez społeczność uczonych wybory konkretnych teorii naukowych.

Wydaje się, że dostrzeżone kryteria można podzielić na dwie główne grupy: epistemiczne i pozaepistemiczne. W grupie pierwszej wyróżnić można kwalifikacje empiryczne i teoretyczne, a wśród tych ostatnich walory formalne i treściowe. Należy zaznaczyć, że zaproponowany podział nie spełnia całkowicie warunku rozłączności. Niektóre kryteria można zaliczyć do dwóch grup, a inne będące w różnych grupach są ze sobą ściśle związane warunkując się nawzajem.

W grupie kwalifikacji formalnych ważną rolę odegrał wymóg niesprzeczności zewnętrznej z faktami i innymi teoriami oraz zgodności (konsystentności, spójności) z dotychczasową wiedzą. W przypadku teorii

stanu stacjonarnego zachodziła wyraźna sprzeczność z fundamentalnymi dla nauk przyrodniczych zasadami zachowania. Ich zanegowanie oznaczałoby konieczność przebudowania dużej części zasadniczego korpusu wiedzy przyrodniczej. Proponowana przez Bondiego, Golda i Hoyle'a teoria była również niespójna z teorią nukleosyntezy (teoria  $\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$ ), która zyskała mocne poparcie w postaci zgodności jej teoretycznych przewidywań z wynikami obserwacji. Teoria ta była spójna z modelami Wszechświata ewoluującymi od Wielkiego Wybuchu, gdyż tylko krótko po nim panowały warunki energetyczne konieczne dla powstania jąder pierwiastków lekkich. Teoria Jordana natomiast okazała się niespójna z powszechnie akceptowaną w astrofizyce teorią wyjaśniającą genezę tworzenia się gwiazd w wyniku kondensacji materii.

Zaliczana do kryteriów formalnych *prosta* była bardzo cenioną przez Milne'a cechą teorii. Jednakże w przypadku skonstruowanej przez niego kinematycznej teorii względności prowadziła do daleko idących uproszczeń i eliminowania niektórych oddziaływań, np. grawitacyjnych. Powiązany z postulatem prostoty wymóg *konsystencji wewnętrznej* prowadzący do zaawansowanej formalizacji jego teorii spowodował również skutek uboczny w postaci mocno uproszczonego obrazu rzeczywistości, którą miała ona modelować. Z kolei teoria zaproponowana przez Eddingtona stanowiła swoiste zaprzeczenie wymogu prostoty zarówno w warstwie formalnej (skomplikowanych rozważań rachunkowych) jak i treściowej (stosowanej zawilej argumentacji).

Teoria stanu stacjonarnego przyjmując aprioryczne założenie o nieustannej kreacji cząstek z niczego naruszała również postulat *ontologicznej oszczędności*.

W grupie teoretycznych walorów treściowych silny wpływ na dokonywane oceny teorii kosmologicznych miała *moc projektwna*. Teoria stanu stacjonarnego oferowała niewiele danych prognostycznych, ograniczając się przede wszystkim do retrognozy, czyli prób wyjaśniania już istniejących wyników, obserwowanych zjawisk i zachodzących procesów. Jednym z nielicznych przewidywań był rozkład przestrzenny galaktyk w zależności od ich wieku. Przeprowadzone testy pokazały jego niezgodność z wynikami obserwacji. W teorii Eddingtona cechą charakterystyczną był brak przewidywań a moc wyjaśniająca ograniczała się tylko do prób tłumaczenia ustalonych empirycznie wartości stałych przyrody. W przypadku teorii Diraca brakowało nie tylko prognoz testowalnych ale również jakiegokolwiek wizji rozwoju kosmologii.

W tej samej grupie kryteriów znajduje się *pojemność treściowa*. W porównaniu z kosmologią relatywistyczną wszystkie teorie dedukcyjne okazywały się znacznie uboższe treściowo. Każda z nich albo w jakiś sposób wykorzystywała jeden z modeli skonstruowanych na podstawie OTW (teorie Eddingtona i Jordana), albo jej model okazywał się szczególnym przypadkiem pewnej klasy modeli relatywistycznych (model Milne'a, kosmologia newtonowska), albo też nie uwzględniała znacznej części

treściowego bogactwa standardowego modelu ewolucji Wszechświata (teoria stanu stacjonarnego). Poza tym żadna z teorii dedukcyjnych nie obejmowała tak szerokiego zakresu problemów jak kosmologia relatywistyczna (np. zagadnienia ekspansji, ewolucji, grawitacji, nukleosyntezy, czy też promieniowania tła). Ta pojemność treściowa warunkowała moc eksplanacyjną. Model standardowy ewolucji Wszechświata tłumaczył szerszy zakres zjawisk i danych empirycznych niż znacznie uboższe treściowo kosmologie dedukcyjne. Dodatkowo kosmologia relatywistyczna charakteryzowała się z jednej strony plastycznością, z drugiej zaś relatywną stałością.

Do grupy kwalifikacji empirycznych zaliczyć należy przede wszystkim adekwatność empiryczną. W przypadku teorii stanu stacjonarnego o jej ostatecznym odrzuceniu zadecydowały wyniki obserwacji, które okazały się sprzeczne z jej przewidywaniami: wynik zliczania radioźródeł, odkrycie kwazarów i odkrycie relikтового promieniowania tła. Ważnym testem empirycznym dla teorii Eddingtona było porównanie teoretycznych wartości stałej struktury subtelnej i stałej Hubble'a z wynikami przeprowadzonych doświadczeń i obserwacji. Negatywny wynik tego testu przyspieszył decyzję odrzucenia tej kosmologii. Podobnie w przypadku teorii Jordana sprzeczność przewidywań z wynikami empirycznymi (zliczanie supernowych) mocno wpłynęła na osłabienie jej oceny i przegraną w rywalizacji z kosmologią relatywistyczną.

Drugim walorem z tej grupy decydującym o wyborze teorii kosmologicznych była testowalność. Kryterium to łączy się z omówioną już mocą projektywną. Możliwości testowania teorii Eddingtona, Diraca i Jordana były niewielkie ze względu na słabość bądź też zupełny brak mocy prognostycznej. Testowalność kosmologii Milne'a i teorii stanu stacjonarnego była nieco wyższa, lecz ze względu na mniejszą pojemność treściową tych teorii, przegrywały one w rywalizacji z modelem standardowym opartym na OTW. Dodatkowym brany pod uwagę kryterium oceny i wyboru była uboga zawartość empiryczna teorii dedukcyjnych, która przejawiała się w braku nowych konsekwencji fizycznych.

Znaczącą rolę w dyskusjach dotyczących wyboru jednego z dwóch nurtów uprawiania kosmologii odegrały również czynniki pozaepistemiczne. Przedstawiciele silnego ówczesnie nurtu empiryczno-indukcyjnego dostrzegali zagrożenie ze strony racjonalizmu, który wprowadzał aprioryczne zasady zamiast empirycznych danych i stosował hipotetyczno-dedukcyjną metodę badań zamiast indukcyjnych uogólnień. Duch logicznego empiryzmu ciągle jeszcze próbował wysuwać postulat bezzałożeniowego szukania faktów.

W sposobie podejścia społeczności uczonych do nowych teorii można też dostrzec pewien brak otwartości i bezstronności. Efektem tego było koncentrowanie się bardziej na analizie różnic pomiędzy kosmologią dedukcyjną (zwłaszcza Milne'a) i relatywistyczną niż na badaniach poprawności proponowanych nowych teorii. W dyskusjach używano argumentów psychologiczno-społeczno-kulturowych, dopatrując się

tendencji autorytarnych w kosmofizyce, stanowiących rzekomo odbicie nurtów nacjonalistycznych w ówczesnej Europie. Powodowały one niechęć wobec czysto racjonalnych doktryn bez odniesień do doświadczenia. W przypadku propozycji Milne'a pewien wpływ na negatywną ocenę jego teorii miały dołączone do niej tezy światopoglądowe i religijne.

#### **4. Podsumowanie**

W dziejach rywalizacji nurtu ekstrapolacyjnego z dedukcyjnym w uprawianiu kosmologii dostrzec można pewien przełomowy moment: przeskalowanie stałej Hubble'a (1956). W okresie przed tym wydarzeniem kosmologia relatywistyczna nie potrafiła uporać się z największym swoim problemem – paradoksem wieku Wszechświata. Problem był bardzo istotny, bo dotyczył niezgodności teoretycznych oszacowań z danymi empirycznymi. W dużym więc stopniu kryterium empiryczne nie było w stanie przechylić szali zwycięstwa na którąkolwiek ze stron. Dlatego też — a tak dzieje się w przypadku rywalizujących ze sobą teorii empirycznie równoważnych — istotną rolę odgrywały kryteria pozaempiryczne. Właśnie na podstawie tych pozaempirycznych kwalifikacji społeczność uczonych już wtedy preferowała kosmologię einsteinowską. Paradoks wieku Wszechświata nie był wówczas traktowany jako instancja falsyfikująca modele z Wielkim Wybuchem, lecz jako problem badawczy. Decyzja uczonych okazała się słuszna, gdyż wkrótce ustalono, że jeden z najważniejszych problemów kosmologii relatywistycznej lat 30-tych i 40-tych XX wieku, będący przez blisko dwadzieścia lat „koszmarem kosmologów” nie leżał po stronie teorii, lecz był spowodowany błędną interpretacją wyników obserwacji gwiazd zmiennych. Po przeskalowaniu stałej Hubble'a i rozwiązaniu problemu wieku sytuacja uległa zasadniczej zmianie. Nierównoważność empiryczną rywalizujących ze sobą teorii pogłębiło odkrycie promieniowania tła. W nowej sytuacji społeczność uczonych zaczęła coraz bardziej koncentrować swoje wysiłki badawcze wokół modelu Wielkiego Wybuchu, który uznany został za standardowy model ewolucji Wszechświata.