

KS. DARIUSZ DĄBEK

EDWARDA A. MILNE’A  
UJĘCIE ZASADY KOSMOLOGICZNEJ

I. WPROWADZENIE

Jednym z podstawowych założeń głównych nurtów współczesnej kosmologii jest teza, że Wszechświat w odpowiednio dużej skali jest jednorodny i izotropowy. Założenie to zostało powszechnie nazwane zasadą kosmologiczną (ZK). Istnieją jednak różne sformułowania tej zasady, różne jej rozumienia, a co za tym idzie – również różne jej nazwy, np. zasada Kopernika (właściwa i uogólniona), einsteinowska zasada kosmologiczna, zasada kosmologiczna dla geometrii i dla substratu, idealna zasada kosmologiczna, itp.

W procesie odchodzenia od kosmologicznych poglądów starożytnej Grecji (Ziemia jako centrum Wszechświata o sferycznej symetrii, składającego się z części pod- i nadksiężycowej) największą rolę odegrał Mikołaj Kopernik. Zapoczątkował on sformułowanie nowej zasady, nazywanej obecnie właściwą kopernikańską zasadą kosmologiczną, zgodnie z którą Wszechświat widziany z dowolnej planety wygląda w dużym stopniu tak samo<sup>1</sup>. Proste uogólnienie polegające na zastąpieniu planet punktami i dodanie warunku, że obraz nie zależy od kierunku patrzenia, prowadzi do tzw. uogólnionej zasady Kopernika. Oznacza ona, iż cały Wszechświat jest w przybliżeniu jednorodny i izotropowy. Zasadę tę zmodyfikował Albert Einstein. Sformułował ją w postaci tezy, że żadna z uśrednionych włas-

---

Ks. mgr DARIUSZ DĄBEK – asystent Katedry Filozofii Przyrody Nieożywionej na Wydziale Filozofii KUL; adres do korespondencji: Al. Raławickie 14, 20-950 Lublin; e-mail: dabek@onet.pl

<sup>1</sup> Zasadę kopernikańską należy odróżnić od opartych na niej modeli Wszechświata: Kopernika, Keplera i Tycho de Brahe. Por. K. Rudnicki, *The Cosmological Principles*, Kraków 1995, s. 36.

ności kosmicznego ośrodka nie wyznacza wyróżnionego miejsca ani kierunku w przestrzeni. Przyjął więc w istocie założenie równoważności wszystkich obserwatorów powiązanych z typowymi elementami Wszechświata<sup>2</sup>.

Konstruując ogólną teorię względności (OTW), Einstein był przekonany, że jego teoria spełnia zasadę Macha. W krótkim jednak czasie okazało się (model de Sittera), że w kosmologii budowanej w oparciu o tę teorię warunek jednoznacznej zależności geometrii przestrzeni od rozkładu zawartych w niej mas i odwrotnie nie musi być spełniony. Obydwie cechy powinny więc być rozpatrywane oddzielnie. Prowadzi to do wniosku o konieczności sformułowania dwóch oddzielnych zasad kosmologicznych: dla materii (substratu) i dla geometrii (przestrzeni)<sup>3</sup>. W przypadku uogólnionej zasady Kopernika wystarcza żądanie, by przestrzeń miała wszędzie (niekoniecznie zawsze) stałą, izotropową krzywiznę. W odniesieniu natomiast do materii wprowadza się pojęcie substratu, który już ze swej definicji ma być jednorodny. Chociaż skala, w której rozkład materii może być uważany za jednorodny i izotropowy, nieustannie jest powiększana, to jednak ZK pozostaje ciągle podstawą współczesnej kosmologii.

Dopplerowska interpretacja przesunięć ku czerwieni linii widmowych odległych galaktyk prowadzi do wniosku, że Wszechświat się rozszerza. Najprostszą fizyczną interpretacją takiej ekspansji jest teza o temporalnym zmniejszaniu się średniej gęstości materii. Odwrócenie kierunku upływu czasu implikuje natomiast jej wzrost. Ponieważ modele oparte na OTW wskazują, że przy cofaniu się w czasie wzrost ten może dążyć do nieskończoności, pojawia się problem horyzontów: przestrzennego i czasowego. W celu usunięcia drugiego z nich H. Bondi i T. Gold zaproponowali nową, tzw. idealną zasadę kosmologiczną. Do uogólnionej zasady Kopernika dodali żądanie, by Wszechświat był jednorodny nie tylko w przestrzeni, ale i w czasie<sup>4</sup>. Tak więc idealna zasada kosmologiczna jest szczególnym przypadkiem uogólnionej zasady Kopernika<sup>5</sup>.

W swych rozważaniach kosmologicznych Einstein przyjął upraszczające założenie, że na dużym obszarze przestrzeni materia rozłożona jest w przybliżeniu równomiernie. Przyrównał to do postępowania geodetów, którzy

<sup>2</sup> Por. tamże, s. 48.

<sup>3</sup> Por. tamże, s. 58.

<sup>4</sup> Oczywiście narusza to zasadę zachowania, gdyż warunek niezmiennej w czasie jednorodności (stałej gęstości średniej), przy rozszerzaniu się Wszechświata, wymusza przyjęcie tezy o ciągłej kreacji materii.

<sup>5</sup> Por. tamże, s. 67-68.

bardzo skomplikowaną w swej strukturze powierzchnię Ziemi traktują jako elipsoidę. W jego statycznym i przestrzennie zamkniętym modelu Wszechświata gęstość materii nie zależała więc od miejsca<sup>6</sup>. To założenie przyjął za podstawę swoich dalszych rozważań. Użyte przezeń sformułowanie miało bardzo ogólny charakter i nie było matematycznie precyzyjne. W miarę rozwoju kosmologii relatywistycznej następcy Einsteina przyczyniali się do stopniowego uściślenia tej zasady. Ważną rolę w tym procesie odegrał angielski kosmolog Edward Arthur Milne (1896-1950), który nie tylko szczegółowo analizował konieczność i charakter uproszczeń przyjmowanych przez kosmologów w punkcie wyjścia konstruowania modeli Wszechświata, ale również uproszczenia te nazwał „einsteinowską zasadą kosmologiczną”<sup>7</sup>.

Celem zatem niniejszego artykułu będzie rekonstrukcja zarówno sposobu formułowania, jak i rozumienia ZK przez Milne'a. Realizacja tego zadania przebiegać będzie w trzech etapach, w których omówione zostaną kolejno: geneza zainteresowań Milne'a problematyką zasady i podejmowane przezeń próby jej sformułowania, podstawowe treści przypisywane przez niego tej zasadzie oraz jej rola w prowadzonych przez Milne'a rozważaniach, głównie kosmologicznych.

## II. GENEZA SFORMUŁOWANIA ZASADY

W swojej monografii poświęconej kinematycznej teorii względności (KTW) Milne już w pierwszym zdaniu wyznaje, iż powodem podjętych przez niego dociekań była próba uzyskania pełnego wglądu w zjawisko ekspansji Wszech-

<sup>6</sup> Por. A. Einstein, *Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie*, „Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften”, 6 (1917), s. 148; J. Turek, *Kosmologia A. Einsteina i jej filozoficzne uwarunkowania*, Lublin 1982, s. 25-28.

<sup>7</sup> Por. E. A. Milne, *Relativity, Gravitation and World-Structure*, Oxford 1935, s. 19-20 [w dalszej części RG]. G. Gale i N. Shanks są przekonani, że nazwa „zasada kosmologiczna” pochodzi od H. P. Robertsona, który w swoim artykule *On E. A. Milne's Theory of World Structure* („Zeitschrift für Astrophysik”, 7 (1933), s. 153-166) analizował poglądy Milne'a przedstawione w jego dwóch pierwszych artykułach o tematyce kosmologicznej (*World Structure and the Expansion of the Universe*, „Nature”, 130 (1932), s. 9-10, *World-Structure and the Expansion of the Universe*, „Zeitschrift für Astrophysik”, 6 (1933), s. 1-95 [w dalszej części skrót: WS]). Jednakże Robertson we wspomnianej publikacji nie użył tej nazwy, posługując się terminem „rozszerzona zasada względności”. Por. G. Gale, N. Shanks, *Methodology and the Birth of Modern Cosmology*, „Studies in History and Philosophy of Modern Physics”, 27 (1996), B, s. 287 (przyp.).

świata<sup>8</sup>. Badania ucieczki pozagalaktycznych mgławic prowadzone przez V. M. Sliphera i E. Hubble'a, tworzące podstawy dla nowego, dynamicznego obrazu świata, zainspirowały go do poszukiwań zrozumienia natury tego zjawiska. Uważał, że procedura badawcza winna być jasna i zrozumiała, posługiwać się możliwie najprostszymi środkami i nie prowadzić do paradoksów.

Podjmując problem poznania natury ekspansji Wszechświata, Milne zasugerował, że zjawisko to nie różni się zasadniczo od nieuchronnej dyspersji swobodnej chmury gazowej. Dla uproszczenia pominął zderzenia i oddziaływania grawitacyjne między cząstkami. Umieszczona w pustej przestrzeni chmura gazowa stanie się wskutek zwykłego zjawiska rozprężenia „układem ekspandującym”. Utożsamienie zatem cząstek z galaktykami (a ściślej: z ich jądrami) daje w konsekwencji obraz ekspandującego Wszechświata. Interesujące i ważne dla tej koncepcji było to, że rozkład zależności prędkość-odległość jest taki, iż wszyscy stowarzyszeni z poruszającymi się cząstkami obserwatorzy mają identyczny obraz niezależnie od własnego położenia<sup>9</sup>. Każdy taki obserwator może więc traktować siebie jako centrum systemu, gdyż widziany przezeń obraz jest identyczny z tym, jaki posiada dowolny inny obserwator<sup>10</sup>.

Prostota wyjaśnienia ekspansji Wszechświata za pomocą zbioru swobodnie rozbiegających się, nieoddziałujących grawitacyjnie cząstek opiera się, jak widać, na zdroworoządkowej intuicji. Korzyści takiego ujęcia są oczywiste: nie trzeba odwoływać się do zakrzywienia przestrzeni, zbędna jest jej niestatyczna metryka i nie ma potrzeby wprowadzania czasu kosmicznego. Wystarczy przyjęcie niektórych zasad STW i przekształcenie zasady względności (wszystkie układy odniesienia powinny być równoprawne w opisywaniu przyrody) na założenie, iż wszyscy obserwatorzy powinni widzieć identyczną strukturę świata. To założenie Milne nazwał einsteinowską zasadą kosmologiczną<sup>11</sup>.

Autor KTW przyznawał, że skonstruował swoją teorię dzięki zastosowaniu programu naszkicowanego przez Macha. Program ten realizował przez

<sup>8</sup> „The investigations here to be described originated in an attempt to gain insight into the phenomenon of the expanding universe” (WS s. 1).

<sup>9</sup> W. O. K e r m a c k, W. H. M c C r e a, *On Milne's Theory of World Structure*, „Monthly Notices of the Royal Astronomical Society”, 93 (1933), s. 520.

<sup>10</sup> M i l n e, *World Structure and the Expansion of the Universe*, s. 9-10.

<sup>11</sup> Chociaż ogłoszenie tej zasady przypisywane jest Milne'owi, on sam przyznawał, że już Einstein w swojej teorii taką zasadę sformułował. Por. R G s. 68; A. J. H a r d e r, E. A. M i l n e, *Scientific Revolutions and the Growth of Knowledge*, „Annals of Science”, 31 (1974), s. 351-363.

definiowanie systemów cząstek, których ruch i rozkład spełnia ZK. Podkreślał przy tym zdecydowanie, że zasada ta nie jest ukrytym prawem przyrody, lecz jedynie sposobem dookreślenia przedmiotu badań fizyki i kosmologii<sup>12</sup>.

Jednym z podstawowych założeń OTW jest zasada względności. Einstein sformułował ją w postaci postulatu, że prawa fizyki są identyczne dla wszystkich obserwatorów, niezależnie od ich położenia i rodzaju ruchu<sup>13</sup>. Tworząc własną koncepcję kosmologiczną, Milne zrezygnował z przyjęcia takiego założenia. Wydaje się, że miał dwa powody, które dotyczyły samych fundamentów jego idei. Z jednej strony w grę wchodził przyjęty przez niego postulat niekorzystania z już odkrytych i sformułowanych – zwłaszcza w postaci ilościowej – praw fizyki. Drugim powodem był niezwykle wysoko przezeń ceniony wymóg logicznej prostoty. Rozumiał go jako konieczność przyjmowania jak najmniejszej liczby jak najogólniejszych założeń i wyprowadzania z nich na drodze dedukcyjnej wszystkich możliwych konsekwencji logicznych, które z kolei można byłoby porównywać z danymi obserwacyjnymi.

W punkcie wyjścia konstruowania swej teorii Milne z założenia nie przyjmował żadnych konkretnych praw fizyki, gdyż jego celem było uzyskanie ich na końcu procesu badawczego. Nie chcąc zatem zapożyczać tych praw od nauk empirycznych, nie mógł również przyjąć einsteinowskiej postaci zasady względności, która zakładała istnienie takich praw. Drugą przyczyną odrzucenia takiej wersji zasady był, zdaniem Milne'a, jej bardzo restrykcyjny charakter. Uważał, że postulat niezmienniczości praw względem dowolnej transformacji współrzędnych jest wyjątkowo surowym wymogiem, nakładającym zbyt wiele ograniczeń na formę tych praw<sup>14</sup>.

W takiej sytuacji u podstaw KTW Milne przyjął bardzo ogólne założenie dotyczące obrazu świata oraz zachodzących w nim zjawisk. Zaproponował, by zrezygnować z odwoływania się do jakichkolwiek fizycznych praw oraz postulatu ich obowiązywania niezależnie od wybranego układu odniesienia, a w to miejsce przyjąć założenie, że każdy obserwator uzyskuje taki sam obraz Wszechświata<sup>15</sup>.

<sup>12</sup> Por. E. A. Milne, *Kinematics, Dynamics and the Scale of Time*, „Proceedings of the Royal Society”, 158 (1937), A, s. 324.

<sup>13</sup> Por. A. Einstein, *Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie*, „Annalen der Physik”, 49 (1916), s. 772.

<sup>14</sup> Por. RG s. 4; H. Bondi, *Kosmologia*, tłum. E. i A. Białas, Warszawa 1965, s. 162.

<sup>15</sup> Milne podkreślał, że „choć postulat ten jest związany z ustanowioną przez Einsteina zasadą, to jednak jest fundamentalnie nowy i stwierdza, iż dwaj obserwatorzy w jednostajnym ruchu względny mają i d e n t y c z n y ogląd Wszechświata, tj. że każdy widzi te same

Analiza różnych sposobów rozumienia przez Milne'a postulowanych założeń umożliwia wyszczególnienie kolejnych etapów w ewolucyjnym procesie formułowania ZK. Początkowo autor KTW nazywał przyjmowane założenie rozszerzoną zasadą względności. Po wprowadzeniu dodatkowych uściśleń nadał jej nazwę „rozszerzona zasada jednorodności przyrody”. Uzgodnienie zaś tej zasady z innymi założeniami KTW i odniesienie jej do całego Wszechświata pociągnęło za sobą dalszą modyfikację i nadanie jej ostatecznie nazwy „zasada kosmologiczna”.

Przeprowadzona analiza pozwala także na ujawnienie czynników, które wpłynęły zarówno na początkowy kształt tej zasady (rola programu Macha), na jej nazwę (rola K. Freundlicha), jak i na ostateczną jej postać (relacja do einsteinowskich założeń przy konstruowaniu modelu kosmologicznego). Wszystko to daje możliwość wyraźnego odróżnienia Milne'a wersji zasady kosmologicznej, nazwanej też przez niego zasadą względności, od einsteinowskiej postaci tych zasad.

### III. TREŚĆ ZASADY

Przyjęte pierwotnie przez Milne'a założenie niezależności obrazu świata od punktu obserwacji miało bardzo ogólny charakter i wymagało uściślenia. Wzorem Einsteina wprowadził on do swoich rozważań pojęcie obserwatora. Zmodyfikował jednak einsteinowski postulat, by wszystkie miejsca we Wszechświecie były równoważne. Zamiast niego przyjął bowiem założenie, że „Wszechświat musi wyglądać tak samo dla wszystkich obserwatorów”<sup>16</sup>. Zdając sobie jednak sprawę, że obraz Wszechświata zależy od wybranego przez obserwatora układu odniesienia, rozwinął to sformułowanie w postaci tezy, że „nie tylko prawa przyrody, lecz również zachodzące w przyrodzie zdarzenia wraz z całym światem, muszą jawić się jako jednakowe dla wszystkich obserwatorów, gdziekolwiek by się oni znajdowali”<sup>17</sup>. Wprowadził przy tym zastrzeżenie, że przestrzenne układy odniesienia i skale czasowe obserwatorów muszą być podobnie zorientowane w stosunku do zjawisk będących przedmiotem obserwacji. Przy spełnieniu takiego warunku świat, rozumiany jako „całość strumienia zdarzeń”, powinien wyglądać iden-

---

sekwencje obrazów świata (*world-pictures*) w swojej własnej euklidesowej przestrzeni i własnej skali czasu” (WS s. 1).

<sup>16</sup> Por. WS s. 3.

<sup>17</sup> WS s. 3-4.

tycznie dla każdego obserwatora, bez względu na jego położenie. Postulat ten nazwał rozszerzoną zasadą względności. Zasada ta zatem stwierdzała, że „świat, przy zaniedbaniu lokalnych nieregularności, musi być pod względem struktury taki sam dla wszystkich obserwatorów. Innymi słowy, zasada względności odnosi się nie tylko do praw przyrody, lecz również do zachodzących w tej przyrodzie zjawisk”<sup>18</sup>.

W miarę rozwijania KTW Milne starał się coraz bardziej uściślać treść przyjętej zasady. W drugim, bardziej wyraźnym jej sformułowaniu podkreślił, że jest ona spełniona przez dowolny układ równoważnych obserwatorów stowarzyszonych z cząstkami systemu, którzy mogą dostarczyć identycznych opisów tego systemu jako całości<sup>19</sup>. Założenie takie prowadzi do wniosku, że wszyscy obserwatorzy w tym systemie dojdą do takiej samej funkcjonalnej zależności prędkości odległych cząstek od ich położenia i czasu<sup>20</sup>. Milne'owska zasada względności była więc pewną modyfikacją zasady jednorodności przyrody. Istota tej modyfikacji polegała na tym, że niezależność praw przyrody od położenia i czasu zastąpiona została niezależnością globalnej struktury Wszechświata (wraz z kompletną historią ruchów) od wybranego punktu obserwacji<sup>21</sup>.

Tak sformułowana zasada wymagała jednak dalszego uściślenia oraz uzgodnienia jej z innymi założeniami KTW. Okazało się, że do jej zdefiniowania nie wystarcza proste żądanie, by obraz świata był taki sam dla wszystkich obserwatorów, niezależnie od ich położenia i ruchu. Ponieważ obserwatorzy mogą poruszać się z różnymi prędkościami, więc „wygląd” Wszechświata – mimo tych samych praw przyrody – może być dla nich różny. Chcąc zatem, by obraz ten w danej chwili był identyczny, Milne wybrał taki zbiór obserwatorów (nazwanych fundamentalnymi), którzy w tym samym czasie posiadają jednakowe prędkości i każdy z nich związany jest tylko z jednym punktem przestrzeni. W takim zbiorze dowolni dwaj obserwatorzy powinni być równoważni. Zaproponował w związku z tym następującą zasadę ustalania równoważności dwóch obserwatorów: jeżeli *A* i *B*, obserwując siebie nawzajem, opiszą wyniki swych obserwacji w identyczny sposób, to

<sup>18</sup> E. A. Milne, *World Structure and the Expansion of the Universe*, s. 10. Por. WS s. 3-4.

<sup>19</sup> Por. RG s. 24; J. North, *The Measure of the Universe. A History of Modern Cosmology*, Oxford 1965, s. 157.

<sup>20</sup> J. North uważa, że stwierdzenie takie jest ścisłą formą przyjmowanej przez Robertsona i Walkera zasady kowariancji. Por. North, dz. cyt., s. 157; RG s. 73, 174.

<sup>21</sup> Por. North, dz. cyt., s. 158.

obydwaj obserwatorzy mogą być traktowani jako równoważni ( $A \equiv B$ )<sup>22</sup>. Jeżeli w całym systemie obserwatorów w świecie każda ich para spełnia powyższy warunek, to system taki można uważać za równoważny lub fundamentalny<sup>23</sup>. Sformułowana w KTW wersja zasady względności nie dotyczyła zatem transformacji współrzędnych, lecz raczej transformacji obserwatorów, a dokładniej: obserwatorów równoważnych. Należy ją w związku z tym odnosić wyłącznie do takiego zbioru obserwatorów<sup>24</sup>.

Wobec powyższego Milne przyjął założenie, że w jego wyidealizowanym systemie fundamentalnymi punktami odniesienia są jądra oddalających się mgławic i że opisy tego systemu są takie same niezależnie od wyboru tych punktów<sup>25</sup>. Zauważył przy tym, że taka procedura rozpoczynania od Wszechświata w pewnym sensie jednorodnego jest w rzeczywistości stosowana przez wszystkich kosmologów. Podkreślał jednak, że jego zasada względności różni się od einsteinowskiej tym, iż nakłada znacznie mniej ograniczeń<sup>26</sup>.

<sup>22</sup> Milne zwracał uwagę, że transformacje samych współrzędnych nie prowadzą do nowych faktów, lecz dają jedynie nowy opis tego samego zjawiska. Nowy fakt ujawniany jest tylko wówczas, gdy nastąpi zmiana punktu widzenia. Jeśli dwaj różni obserwatorzy podadzą współrzędne zjawiska według tych samych uzgodnionych reguł, obydwa opisy będą porównywalne. Gdy reguły te będą takie same, a ich punkty widzenia podobne, wówczas można oczekiwać również podobieństw w ich opisach. W szczególnym przypadku, gdy wewnętrzna struktura opisywanego systemu cząstek jest identyczna z obu punktów widzenia, wówczas opisy tego systemu muszą być również identyczne. W ten sposób Milne zdefiniował bardzo ważne dla swojego systemu pojęcie równoważności: obserwatorzy są równoważni, gdy ich wzajemne opisy, dokonane według tych samych uzgodnionych reguł są identyczne. Reguły te mogą więc być co prawda wybrane przez obserwatorów w sposób dowolny, lecz muszą być takie same. Por. RG s. 24.

<sup>23</sup> H. Bondi zauważa, że wprowadzony w taki sposób zbiór obserwatorów fundamentalnych jest pod wieloma względami podobny do wiązki geodetyk Weyla, za której pomocą zasada kosmologiczna została wprowadzona do kosmologii relatywistycznej. Por. Bondi, dz. cyt., s. 162-163.

<sup>24</sup> Podkreślił to również Milne przy porównaniu swojej teorii z OTW. Zwrócił uwagę na to, że w teorii Einsteina wszyscy obserwatorzy (wszystkie układy współrzędnych) są obserwatorami równoważnymi, natomiast w KTW jedynie pewna ich klasa, a mianowicie ci, którzy są stowarzyszeni z jądrami galaktyk, czyli tzw. obserwatorzy fundamentalni. Por. E. A. Milne, *Gravitation without general relativity*, [w:] P. A. Schilpp (ed.), *Albert Einstein: Philosopher-Scientist*, Evanston 1949, Chapter XV, s. 433; RG s. 5; Bondi, dz. cyt., s. 162; W. Band, *A Critical Examination of Milne's Kinematical Relativity*, „Philosophical Magazine and Journal of Science”, 37 (1946), nr 7, s. 551.

<sup>25</sup> Takie założenie wiąże się z pewnymi trudnościami interpretacyjnymi. Jeśli przyjąć za Milnem, że cząstki fundamentalne tworzące uniwersalny układ odniesienia (substrat) są zbiorem ciągłym, wówczas pojawia się problem ich identyfikacji z jądrami mgławic, które w rzeczywistości tworzą układ dyskretny. Potraktowanie natomiast substratu jako zbioru dyskretnego prowadzi do dużych trudności rachunkowych. Por. Bondi, dz. cyt., s. 163, 178-179.

<sup>26</sup> Por. RG s. 4.



Mając zdefiniowany warunek równoważności dwóch obserwatorów ( $A \equiv B$ ), Milne rozszerzył swoją zasadę względności na dowolny ich zbiór. Określił, że zbiór taki spełnia zasadę kosmologiczną Einsteina, gdy z równoważności jego dwóch elementów ( $A \equiv B$ ) wynika, iż wykonany przez  $A$  opis całego systemu jest identyczny z opisem całego systemu wykonany przez  $B$ <sup>27</sup>. Zwrócił on przy tym uwagę, że początkowo Einstein sformułował swoją zasadę w postaci tezy, iż „wszystkie miejsca we Wszechświecie są równoprawne”<sup>28</sup>. Uważał, że takie sformułowanie jest co prawda bardzo niejasne, lecz usprawiedliwia powiązanie opracowanej przez niego dokładniejszej postaci tej zasady z nazwiskiem twórcy OTW<sup>29</sup>.

Sama nazwa „zasada kosmologiczna” została wymyślona przez niemieckiego astronoma Erwina Finlaya Freundlicha (1885-1964), z którym Milne utrzymywał bliski kontakt. „Swoją dedukcyjny model Wszechświata – pisał w przygotowanym cyklu wykładów, których nie zdążył wygłosić, a które opublikowano po jego śmierci – opracowałem dzięki nowemu zastosowaniu używanej przez wszystkich kosmologów zasady. Nowy sposób jej użycia doprowadził do wielu nieporozumień. Ta zasada, dla której mój przyjaciel Erwin Finlay Freundlich ukuł określenie «zasada kosmologiczna», orzeka, że modele proponowane dla Wszechświata powinny mieć własności w przybliżeniu nazwane «jednorodnymi». Słowo «jednorodne» nie jest tu najwłaściwsze, gdyż model może mieć cechę jednorodności w technicznym sensie, a jednak odbiegać od jednorodności w euklidesowej przestrzeni własnej każdego obserwatora. Ściśle mówiąc, od modelu świata wymagamy, by rozkład materii oraz ruch w przestrzeni i czasie własnym był taki sam dla każdego obserwatora stowarzyszonego z typowym elementem materii Wszechświata. Innymi słowy, dane statystyczne systemu wyznaczone przez jakiegokolwiek obserwatora-członka tego systemu mają być takie same w odpowiednich chwilach (tj. w takich samych wartościach czasu  $t$ ) i mieć te same historie w miarę upływu  $t$ . [...] Jest to bardziej ogólny wymóg niż jedynie jednorodność, której w rzeczywistości, w zwykłym codziennym znaczeniu, nie potrafimy zapewnić. Zwyczajnie mówiąc, przez jednorodność rozumiemy fakt, że

<sup>27</sup> „A system of particles is then said to satisfy Einstein's cosmological principle when if  $A$  and  $B$  are two members of the system such that  $A \equiv B$ , then  $A$ 's description of the whole system is identical with  $B$ 's description of the whole system” (RG s. 24).

<sup>28</sup> A. Einstein, *Zum kosmologischen Problem der allgemeinen Relativitätstheorie*, „Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften”, 12 (1931), s. 235. Por. WS s. 2.

<sup>29</sup> Por. RG s. 24 (przyp.).

gęstość w dowolnym punkcie  $P$  jest równa gęstości w jakimkolwiek innym punkcie  $P'$ . Jeżeli jednak rozkład gęstości zmienia się w czasie, musimy uściślić tę definicję jednorodności przez dodanie warunku, że gęstość w  $P$  musi być w tym samym czasie równa gęstości w  $P'$ . Dopóki jednak nie określi się globalnej równoczesności dla wszystkich obserwatorów, taka definicja pozostanie dwuznaczna. Najlepszym określeniem byłoby stwierdzenie, że gęstość w  $P$  dla wydarzenia  $E$  epoki  $t$  wyznaczona przez obserwatora  $O$  musi być równa gęstości w  $P'$  dla wydarzenia  $E'$  w tej samej epoce  $t$  wyznaczona przez tego samego obserwatora  $O$ . Ale wtedy, gdy przejdziemy do innego obserwatora  $O_1$ , wydarzenia  $E$  i  $E'$  nie muszą być dla niego ( $O_1$ ) równoczesne. W ten sposób podany wymóg równej gęstości nie musi być spełniony dla dwóch różnych obserwatorów. [...] Tak więc, zamiast mówić o jednorodności, mówimy jedynie, że rozwinięta w czasie i przestrzeni historia gęstości jednego obserwatora musi zgadzać się z taką historią jakiegokolwiek innego obserwatora<sup>30</sup>.

Jak widać, zarówno w kwestii nazwy zasady, jak i rozumienia pojęcia jednorodności istniały rozbieżności między twórcą KTW, a przedstawicielami kosmologii relatywistycznej. Einstein wyraźnie odróżniał swoją zasadę względności, stanowiącą jedno z głównych założeń OTW, od uproszczeń przyjętych wówczas, gdy na bazie opracowanej teorii grawitacji przystąpił do konstruowania modelu kosmologicznego. Milne także miał świadomość konieczności rozróżnienia obydwu einsteinowskich zasad<sup>31</sup>. Ponieważ jednak w jego teorii trudno o wyraźny podział na fizykę i kosmologię (punktem wyjścia aksjomatycznie budowanej fizyki były założenia kosmologiczne), trudno również o typowe dla kosmologii relatywistycznej dystynkcje. Przyjęta przez Milne'a nazwa „zasada kosmologiczna” odnosiła się do jego postulatu równoprawienia obserwatorów i nie była zgodna z dzisiejszym jej rozumieniem. Co więcej, uważał on, iż jego ZK jest nowym, ogólniejszym, a przy tym bardziej precyzyjnym sformułowaniem einsteinowskiej zasady względności. Główną zaletą tej nowej wersji zasady było – według niego – to, iż nakładając znacznie mniej ograniczeń, prowadzi do takich samych opisów ruchu<sup>32</sup>.

<sup>30</sup> E. A. Milne, *Modern Cosmology and the Christian Idea of God*, Oxford 1952, s. 69 [w dalszej części skrót: MC]. Chodzi tu oczywiście o jakiegokolwiek obserwatora-członka systemu, a więc o dowolnego obserwatora równoważnego.

<sup>31</sup> Por. tenże, *A Newtonian Expanding Universe*, „Quarterly Journal of Mathematics”, 5 (1934), s. 66.

<sup>32</sup> Por. RG s. 4; M. Heller, *Ewolucja kosmosu i kosmologii*, Warszawa 1983, s. 97; Bondi, dz. cyt., s. 162.

Po opublikowaniu przez Milne'a szczegółów KTW<sup>33</sup> H. P. Robertson podjął próbę dokonania analizy tej teorii. Wyciągnął stąd wniosek, że wiąże się ona ściśle z kosmologią relatywistyczną m.in. przez to, iż „rozszerzona zasada względności, na której ta teoria się opiera, jest całkowicie równoważna relatywistycznemu postulatowi jednorodności”<sup>34</sup>. W odpowiedzi, Milne sprzeciwił się utożsamianiu jego zasady z postulatem jednorodności choćby z tego powodu, że postulat ten w kosmologii relatywistycznej musi być, jego zdaniem, uzupełniony einsteinowskimi równaniami pola. Uznał też, że „równoważność widzenia świata” jest zakresowo szersza od „jednorodności”, gdyż dotyczy zarówno bliskich, jak i odległych od obserwatora zdarzeń, podczas gdy postulat jednorodności ogranicza się tylko do doświadczenia lokalnego (lokalne doświadczenie gęstości jako funkcji czasu jest identyczne dla każdego obserwatora)<sup>35</sup>. Oprócz tego Milne uważał, że jednorodność Wszechświata jest pojęciem dobrze określonym jedynie w czasoprzestrzennym opisie, natomiast nie jest terminem jednoznacznym w odniesieniu do obserwacyjnie uzyskanego obrazu świata. Jako przykład podał swój własny model, który uważał za ściśle relatywistyczny i jednorodny, a mimo to charakteryzujący się wzrostem gęstości materii wraz ze wzrostem odległości od obserwatora<sup>36</sup>. Zamiast więc używać obserwacyjnie niejednoznacznego, jego zdaniem, pojęcia jednorodności, wolał korzystać z określenia zgodnej dla dwóch dowolnych obserwatorów historii gęstości lub jednokowego obrazu świata<sup>37</sup>.

<sup>33</sup> Była to pierwsza obszerna publikacja zawierająca szczegółowe opracowanie przedstawionej wcześniej w dużym zarysie (dwustronicowy artykuł) propozycji wyjaśnienia ekspansji Wszechświata. Por. Milne, *World Structure and the Expansion of the Universe*; WS.

<sup>34</sup> Por. H. P. Robertson, *On E. A. Milne's Theory of World Structure*, „Zeitschrift für Astrophysik”, 7 (1933), s. 165.

<sup>35</sup> Por. E. A. Milne, *Note on H. P. Robertson's paper on World-Structure*, „Zeitschrift für Astrophysik”, 7 (1933), s. 180

<sup>36</sup> Por. tenże, *World-Models and World-Picture*, „The Observatory”, 57 (1934), s. 26

<sup>37</sup> Niezależność obrazu Wszechświata od miejsca obserwacji w modelu Milne'a można wytłumaczyć tym, że obserwator stowarzyszony z poruszającą się galaktyką nie zarejestruje lorentzowskiej kontrakcji, gdyż sąsiednie w jego układzie odniesienia galaktyki będą miały małe prędkości (zgodnie z prawem Hubble'a – zależne liniowo od odległości). Natomiast inny obserwator, stowarzyszony z szybko uciekającą galaktyką w pobliżu widzialnego horyzontu pierwszego obserwatora, będzie miał taki sam obraz, gdyż zarówno gęstość, jak i ruch galaktyk określone zostały jako inwariantne względem transformacji Lorentza. Dzięki temu Wszechświat oglądany z różnych pozycji będzie wyglądał tak samo. Nie ma więc żadnej różnicy między „szybko poruszającymi się galaktykami w pobliżu brzegu”, a „galaktykami znajdującymi się w spoczynku w centrum rozszerzającego się pęcherzyka”, gdyż dzięki transformacji Lorentza dowolną galaktykę wraz z jej otoczeniem można potraktować jako

Pozostając pod dużym wpływem Macha, Milne był bardzo mocno przekonany o tym, że rozkład materii we Wszechświecie decyduje o prawach ruchu i grawitacji. Uważał w związku z tym, że zasadę Macha należy wykorzystać w praktyce badawczej. Przyznawał co prawda, że zasada ta nie jest „operacyjna”, lecz przez użycie jej w postaci ZK można z niej wyprowadzić ściśle prawa określające ruch i oddziaływania grawitacyjne. „Zasada kosmologiczna określa dla Wszechświata jego zawartość materialną w ruchu. Z tej zawartości potrafimy wyprowadzić prawa, które muszą obowiązywać, jeśli zasada kosmologiczna ma być w dalszym ciągu przyjmowana”<sup>38</sup>. W niezrozumieniu tej zależności upatrywał nawet źródło krytyki własnej koncepcji. „Uważano, że prawa ruchu i grawitacji są jedną rzeczą, a rzeczywista zawartość Wszechświata, w którym one działają, zupełnie inną. Stąd próbę oparcia opisu zawartości Wszechświata na *a priori* cznych podstawach potraktowano jako zupełnie niewybaczalną naukową herezję”<sup>39</sup>. Swoim krytykom zarzucał, iż skłonni byliby modyfikować jedynie hipotezę dotyczącą zawartości Wszechświata bez możliwości zmiany praw. Jego zdaniem jest to niewykonalne, gdyż pierwsze określa drugie i zmiana założeń dotyczących rozkładu materii pociąga za sobą zmianę praw. Był przekonany, że gdyby w rzeczywistym Wszechświecie nie obowiązywała ZK, prawa przyrody byłyby zupełnie inne. Można więc, według niego, przyjąć tezę o materialnej zawartości Wszechświata i potem dedukcyjnie wyprowadzić z niej konkretne prawa przyrody. Jednakże nie da się tej procedury odwrócić, tzn. nie można zdefiniować praw przyrody, a potem wydedukować z nich własności Wszechświata. To przekonanie posłużyło mu też do krytyki innych systemów kosmologicznych. „Wszystkie relatywistyczne kosmologie różne od KTW muszą oprócz swoich metryk i równań pola przedstawić dodatkową hipotezę o jednorodności Wszechświata z tzw. czasem kosmicznym, niewiele sobie uświadamiając, że hipoteza jednorodności implikuje prawa przyrody, które pierwotnie zostały założone. Rozpoczynanie od praw przyrody i określanie potem dodatkowo materialnej zawartości, w której te prawa mają obowiązywać jest logicznym ośmieszaniem się, gdyż nie mamy żadnej gwarancji, iż założone prawa są zgodne z założoną zawartością Wszechświata”<sup>40</sup>.

---

położoną w środku całego układu. Por. M. McIrvin, *Milne Cosmology*, <http://world.std.com/~mmcirvin/milne.html>, s. 3-4.

<sup>38</sup> MC s. 69

<sup>39</sup> MC s. 70.

<sup>40</sup> MC s. 70.

W. H. McCrea zwrócił uwagę, że choć KTW jest teorią czysto dedukcyjną, to jednak opiera się na fizycznych postulatach. Opisując zastosowaną w niej metodę stwierdził, że teza o równoważności obserwatorów i ZK potraktowane zostały jako „empiryczne” prawa. Wszystkie natomiast pozostałe cechy modelu Wszechświata zostały wyprowadzone z tych dwóch postulatów na drodze dedukcji bez żadnych dodatkowych założeń<sup>41</sup>. Milne nie zgodziłby się z taką opinią, gdyż wielokrotnie podkreślał, że jego postulat jednorodności rozkładu jąder mgławic – obserwator w każdym jądrze galaktyki ma taki sam obraz rozkładu poruszającej się materii we Wszechświecie – nie jest założeniem empirycznym, lecz ma charakter definicji, określenia typu rozważanego systemu. Na potwierdzenie swojej tezy podawał przykłady planimetrii, która nie może się obejść bez określenia płaszczyzny, oraz geometrii sferycznej, która musi wprowadzić i zdefiniować pojęcie sfery. Analogicznie nie można, jego zdaniem, spodziewać się ustalenia twierdzeń w dynamice bez zdefiniowania układu odniesienia. Można oczywiście wybrać różne układy, ale szczególnie godnym uwagi jest, według niego, układ galaktyk posiadający cechę jednorodności<sup>42</sup>.

#### IV. POZNAWCZE FUNKCJE ZASADY

Od samego początku swoich zainteresowań kosmologią Milne traktował zasadę kosmologiczną jako narzędzie badawcze. Początkowo widział w niej przede wszystkim jedno z najważniejszych założeń, z którego drogą dedukcji można wywnioskować własności Wszechświata.

Następnie zaczął jednak przesuwac akcent na traktowanie jej jako „zasady selekcji”, „reguły ekstrapolacji” czy wreszcie „definicji określającej przedmiot badań naukowych”. W szczególności podkreślał konieczność rozróżnienia dwóch sposobów rozumienia tej zasady: 1° ZK jako definicja (reguła wyboru) i 2° ZK jako wartość oczekiwana (reguła ekstrapolacji). W pierwszym przypadku zasada ta umożliwia znalezienie takiej metody konstruowania systemów, która potrafi określić standardy porównawcze i jest najprostszym zamiennikiem niemożliwego do wypracowania pojęcia jednorodności. W drugim natomiast przypadku wiąże się z oczekiwaniem, iż

<sup>41</sup> Por. W. H. McCrea, *The Evolution of Theories of Space-Time and Mechanics*, „Philosophy of Science”, 6 (1939), s. 151.

<sup>42</sup> Por. E. A. Milne, *Kinematic Relativity*, Oxford, 1948, s. 5; G. J. Whitrow, *E. A. Milne and Cosmology*, „Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society”, 37 (1996), s. 365-367.

zwiększanie mocy przyrządów obserwacyjnych nie doprowadzi nigdy do podważenia słuszności tzw. zasady „próbki”.

To przesunięcie akcentu spowodowane było krytyką ze strony wielu współczesnych mu uczonych. W odpowiedzi na zarzuty H. Dingle’a pisał: „W jakimkolwiek problemie grawitacyjnym musimy zdefiniować rozważane systemy. Jeśli na przykład pragniemy rozważyć teoretyczny problem dwóch ciał, uwagę ograniczamy do rozwiązań posiadających dokładnie parę osobliwości. Podobnie, jeśli chcemy rozważyć rotację nieściśliwych mas, definiujemy nasz system jako posiadający określoną gęstość, określoną prędkość kątową i określone warunki brzegowe. ZK jest po prostu używana jako definicja, jako zasada wykluczania, określająca pewną klasę systemów poddanych analizie i wyłączająca z rozważań wszystkie pozostałe. W żadnym sensie nie jest używana jako «prawo przyrody» czy też zasada pozwalająca określać przyszłe zdarzenia. To, czy tak skonstruowany system będzie na stałe spełniał tę zasadę, pozostanie zawsze przedmiotem dociekań”<sup>43</sup>.

ZK była więc dla Milne’a ważnym kryterium poznawczej selekcji. Nie chciał zajmować się ruchami cząstek wszelkich możliwych systemów, lecz ograniczył się tylko do niektórych ich typów. Zasada ta wyodrębniała pewną podklasę rozważanych systemów. Była zatem sposobem zawężenia dziedziny badań i eliminowania alternatyw pojawiających się przy próbach opisu ruchów cząstek. Milne uważał, że otrzymane w postaci konkretnych modeli rezultaty są interesujące same w sobie, niezależnie od ich praktycznych zastosowań. Podkreślał jednak, że największą swą wartość ujawniają w zastosowaniu do badanego przez astronomów Wszechświata. „To zastosowanie – pisał w związku z tym – możliwe jest wówczas, gdy założy się, że Wszechświat spełnia to, co umownie nazywamy ‘Einsteina zasadą kosmologiczną’. [...] Tutaj [...] jest to po prostu zasada selekcji, która spośród wszystkich możliwych systemów grawitacyjnych wybiera pewną klasę jako odpowiednią dla reprezentowania Wszechświata. [...] Wszechświat mógłby być reprezentowalny przez rozkład poruszającej się materii, mającej swoje centrum symetrii i rozłożonej symetrycznie wokół tego centrum. Równie dobrze mógłby mieć dwa punkty skupienia albo też mógłby być obracającą się masą lub dwoma pływowo zniekształconymi punktami skupienia, lub też jakimkolwiek uogólnieniem powyższych. To, czy można byłoby oczekiwać, że zachodzi któryś z tych przypadków, czy raczej wcześniej, spełniający zasadę kosmologiczną, jest kwestią metafizyczną. Skonstruujemy systemy

<sup>43</sup> RG s. 20 (przyp.). Por. RG s. 60, 125-126; Milne, *Kinematic Relativity*, s. 5.

spełniające zasadę kosmologiczną, a następnie użyjemy ich po prostu jako standardy porównywania z obserwowanym Wszechświatem”<sup>44</sup>.

Regułę ekstrapolacji Milne rozumiał jako wygodną hipotezę roboczą (przydatną tak długo, jak długo nie prowadzi do sprzeczności), przyjmującą, że obserwowalny kosmos stanowi dobrą próbkę całości i że na podstawie jej charakterystyki można wnioskować o naturze całego Wszechświata. Relację między obydwoma zasadami ujmował następująco: „Zasada «próbki» wymaga, by wszystkie obserwacje dokonywane lokalnie mogły być opisane w identyczny sposób, natomiast zasada kosmologiczna nakłada wymóg otrzymania identycznego opisu całego Wszechświata z dowolnie wybranego punktu. Zasada «próbki» jest po prostu lokalnie zastosowaną zasadą kosmologiczną”<sup>45</sup>.

Problem kosmologiczny Milne ujmował w postaci pytania o „strukturę i historię całości rzeczy”. Najlepszą, według niego, drogą prowadzącą do uzyskania odpowiedzi na takie pytanie jest konstruowanie systemów spełniających ZK. Przyznawał, że bardzo dobrą metodą byłby empiryczny sposób jej zastosowania, polegający na zebraniu wyników dotychczasowych obserwacji, a następnie ich ekstrapolacji. Wybrał jednak – jak sam wspomina – zupełnie inną drogę. Rozważył dwa abstrakcyjne zagadnienia: kinematykę skupiska cząstek poruszających się ruchem jednostajnym oraz lokalną kinematykę dowolnego systemu spełniającego ZK. Następnie dzięki zabiegom uogólniania i idealizacji, bez odwoływania się do obserwacji, skonstruował system rygorystycznie spełniający ZK w całej jej dziedzinie i bez żadnych ograniczeń. Ten sposób postępowania, jak sam stwierdził, doprowadził go do identycznych rezultatów, jak ekstrapolowanie wyników obserwacyjnych<sup>46</sup>.

ZK była więc dla Milne'a „sposobem precyzowania ekstrapolacji pewnej klasy zjawisk (*a mode of specifying an extrapolation of certain kinds of phenomena*)”<sup>47</sup>. Dzięki tak rozumianej zasadzie nie widział potrzeby uciekania się do indukcyjnie sformułowanych praw przyrody. Co więcej, był przekonany, że można z niej wyprowadzić „prawidłowości odgrywające rolę praw przyrody”. Uważał, że jeśli prawa przyrody mają być uzyskane na dro-

<sup>44</sup> RG s. 19-20. A. S. Eddington, zwracając uwagę na to, że Milne rozumie swoją zasadę kosmologiczną jedynie jako sposób wyboru pewnego systemu dla prowadzenia badań i nie traktuje jej jako prawa przyrody, uznał, że takie użycie terminu „zasada” jest w tym kontekście zabiegiem niefortunnym. Por. A. S. E d d i n g t o n, *Relativity and Cosmogony*, „Nature”, 135 (1935), s. 635-636.

<sup>45</sup> Por. RG s. 123-125.

<sup>46</sup> Por. RG s. 126.

<sup>47</sup> M i l n e, *Kinematics, Dynamics and the Scale of Time*, s. 325.

dze indukcyjnych uogólnień z obserwowanych zjawisk, to bardziej pożądane jest raczej ekstrapolowanie zjawisk i wyprowadzanie odpowiednich praw niż ekstrapolowanie praw i przewidywanie zjawisk. „Nie mamy większych uprawnień do ekstrapolowania praw niż do ekstrapolowania zjawisk, na podstawie których zdobyliśmy wiedzę. Nie istnieje też żadne uzasadnienie dla wiary w ogólnoświatowe zasady o wyjątkowej mocy. Kiedy jednak ekstrapolowane zjawiska zgadzają się ze sobą, tworząc spójny obraz Wszechświata, wówczas w ogóle nie potrzeba zakładać żadnych praw, gdyż rzeczywiste «obowiązujące» prawa mogą być po prostu wywnioskowane z definicji rozważanych systemów”<sup>48</sup>.

Milne wielokrotnie podkreślał, że ZK nie jest prawem przyrody. Nie twierdził, że Wszechświat spełnia tę zasadę. Konstruując swoje systemy kinematyczne uważał się bardziej za matematyka niż fizyka. Rozważania, jakie przeprowadzał, były – według niego – prawdziwe bez względu na odniesienia do rzeczywistości. Nie czuł się odpowiedzialny za kierunek badań, który przy takich tezach wyjściowych był dlań oczywisty i nieuchronny. Jego zdaniem każdy matematyk przyjmujący takie założenia musiałby dojść do takich samych rezultatów. Podkreślał, że absolutna prawdziwość twierdzeń, do których doszedł, nie polega na tym, że sprawdzają się one w rzeczywistości. Według niego byłyby prawdziwe nawet wówczas, gdyby nie istniała rzeczywistość, do której się odnoszą – byłyby tak samo prawdziwe, jak prawdziwe są twierdzenia różnych geometrii. Jako matematyk wyraźnie oddzielał matematyczne zagadnienie możliwości skonstruowania systemu spełniającego przyjęte założenia od fizycznego problemu sprawdzenia, na ile otrzymany model odpowiada rzeczywistości<sup>49</sup>. Miał więc świadomość wagi zasadności oczekiwania, że system spełniający ZK będzie dobrą reprezentacją realnego Wszechświata, lecz uznał to za kwestię metafizyczną<sup>50</sup>. Wszechświat łamiący tę zasadę stwarzałby, według niego, poważne trudności, dotyczące np. sposobu istnienia absolutnego spoczynku.

<sup>48</sup> Tamże. Zasadę kosmologiczną, zdaniem Milne’a, można byłoby potraktować jako założenie w procesie badania Wszechświata. W takim jednakże przypadku pytanie, czy taka zasada w nim obowiązuje, czy też nie, dotyczyłoby faktu, który należałoby sprawdzić. Według autora KTW zasada kosmologiczna użyta została w jego teorii nie jako założenie, lecz jako sposób konstruowania substratu – sposób obmyślenia struktury, której własności są przedmiotem badań. Por. E. A. Milne, *Kinematic Relativity. A Reply to Professor W. Wilson*, „Philosophical Magazine and Journal of Science”, 36 (1945), nr 7, s. 142.

<sup>49</sup> RG s. 24.

<sup>50</sup> „Whether the universe may be *expected* to be representable by a system satisfying the cosmological principle is a metaphysical question” (RG s. 69).



Twierdził również, że Wszechświat musi być zgodny z ZK, ponieważ niemożliwe jest, aby akt stworzenia przyniósł jakikolwiek inny efekt końcowy<sup>51</sup>. Nie wierzył w związku z tym, że Wszechświat mógłby zawierać skończoną liczbę cząstek. Ponieważ systemy wyróżnione przez ZK zawierają zawsze nieskończoną liczbę obserwowalnych cząstek<sup>52</sup>, było to dla niego wystarczającym argumentem za przyjęciem tezy, iż właśnie takie systemy najlepiej opisują rzeczywistość<sup>53</sup>.

Przeprowadzona rekonstrukcja E. A. Milne'a poglądów dotyczących ZK prowadzi do następujących wniosków:

1. W początkowym etapie konstruowania KTW Milne zmodyfikował einsteinowską zasadę względności, przyjmując założenie, że Wszechświat musi wyglądać tak samo dla wszystkich obserwatorów. Założenie to nazwał rozszerzoną zasadą względności.
2. Uściślając to założenie, Milne zdefiniował pojęcie równoważności obserwatorów, a następnie podał nowe sformułowanie zasady względności: wszystkie opisy całego systemu wykonane przez obserwatorów równoważnych powinny być identyczne. Pod wpływem E. F. Freundlicha nazwał to sformułowanie *zasadą kosmologiczną*.
3. Treść użytej przez Milne'a nazwy „zasada kosmologiczna” różniła się zarówno od zawartości einsteinowskich zasad względności (STW i OTW), jak i od treści założenia jednorodności rozkładu materii. Nie przeszkodziło to kosmologii relatywistycznej w przejściu samej nazwy na oznaczenie postulatu izotropowości i jednorodności Wszechświata.
4. Zasadę kosmologiczną Milne traktował początkowo jako hipotezę dotyczącą struktury Wszechświata. Gdy jednak wyraźniej oddzielił proces konstruowania modelu od sprawdzania, na ile odpowiada on rzeczywistości, zaczął podkreślać, że ZK nie jest założonym prawem przyrody, lecz definicją określającą dziedzinę badań.

<sup>51</sup> „The universe must satisfy the cosmological principle, because it would be impossible for an act of creation to be possible which would result in anything else” (tamże).

<sup>52</sup> Zasada kosmologiczna nie udziela wprawdzie odpowiedzi na pytanie o liczbę wszystkich obiektów we Wszechświecie (skończona bądź nieskończona), o ich lokalną i globalną jednorodność czy też o objętość, w jakiej się one znajdują (skończona lub nieskończona). Jednakże, zdaniem Milne'a, konsekwencją jej zastosowania będzie stwierdzenie, że rozważany system jest liczebnie nieskończony, lokalnie jednorodny, posiadający rosnącą w kierunku zewnętrznym gęstość rozkładu w doświadczeniu dowolnego obserwatora i zajmujący w takim doświadczeniu skończoną objętość. Por. RG s. 124.

<sup>53</sup> Por. RG s. 69.

## BIBLIOGRAFIA

- B a n d W.: A Critical Examination of Milne's Kinematical Relativity, „Philosophical Magazine and Journal of Science”, 37 (1946), nr 7, s. 551-563.
- B o n d i H.: Kosmologia, tłum. E. i A. Biały, Warszawa 1965.
- E d d i n g t o n A. S.: Relativity and Cosmogony, „Nature”, 135 (1935), s. 635-636.
- E i n s t e i n A.: Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie, „Annalen der Physik”, 49 (1916), s. 769-822.
- Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie, „Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften”, 6 (1917), s. 142-152.
- Zum kosmologischen Problem der allgemeinen Relativitätstheorie, „Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften”, 12 (1931), s. 235-237.
- G a l e G., S h a n k s N.: Methodology and the Birth of Modern Cosmology, „Studies in History and Philosophy of Modern Physics”, 27 (1996), B, s. 279-296.
- H a r d e r A. J.: E.A. Milne, Scientific Revolutions and the Growth of Knowledge, „Annals of Science”, 31 (1974), s. 351-363.
- H e l l e r M.: Ewolucja kosmosu i kosmologii, Warszawa 1983.
- K e r m a c k W. O., M c C r e a W.H.: On Milne's Theory of World Structure, „Monthly Notices of the Royal Astronomical Society”, 93 (1933), s. 519-529.
- M c C r e a W. H.: The Evolution of Theories of Space-Time and Mechanics, „Philosophy of Science”, 6 (1939), s. 137-162.
- M c I r v i n M.: Milne cosmology, <http://world.std.com/~mmcirvin/milne.html>, 1-8, s. 3-4.
- M i l n e E. A.: World Structure and the Expansion of the Universe, „Nature”, 130 (1932), s. 9-10.
- World-Structure and the Expansion of the Universe, „Zeitschrift für Astrophysik”, 6 (1933), s. 1-95.
- Note on H.P. Robertson's paper on World-Structure, „Zeitschrift für Astrophysik”, 7 (1933), s. 180-187.
- World-Models and World-Picture, „The Observatory”, 57 (1934), s. 24-27.
- Relativity, Gravitation and World-Structure, Oxford 1935.
- Kinematics, Dynamics and the Scale of Time, „Proceedings of the Royal Society of London”, 158 (1937), A, part I, s. 324-348.
- Kinematic Relativity. A reply to Professor W. Wilson, „Philosophical Magazine and Journal of Science”, 36 (1945), nr 7, s. 134-143.
- Kinematic Relativity, Oxford 1948.
- Gravitation without general relativity, [w:] P. A. Schilpp (ed.), Albert Einstein: Philosopher-Scientist, Evanston 1949, Chapter XV, s. 409-435.
- Modern Cosmology and the Christian Idea of God, Oxford 1952.
- N o r t h J.: The Measure of the Universe. A History of Modern Cosmology, Oxford 1965.
- R o b e r t s o n H. P.: On E.A. Milne's Theory of World Structure, „Zeitschrift für Astrophysik”, 7 (1933), s. 153-166.
- R u d n i c k i K.: The Cosmological Principles, Kraków 1995.
- T u r e k J.: Kosmologia A. Einsteina i jej filozoficzne uwarunkowania, Lublin 1982.
- W h i t r o w G. J.: E.A. Milne and Cosmology, „Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society”, 37 (1996), s. 365-367.

EDWARD A. MILNE'S APPROACH  
TO THE COSMOLOGICAL PRINCIPLE

## Summary

At the first stage of setting up Kinematical Relativity, Milne modified Einstein's Principle of Relativity and assumed that the Universe had to appear the same to all observers. He called this an "Extended Principle of Relativity". In order to specify this postulate, Milne defined the notion of the "equivalence of observers," and then formulated a new definition of the Principle of Relativity: all descriptions of the whole system made by equivalent observers must be identical. Under Freundlich's influence he called it the "Cosmological Principle" (CP). The content of Milne's CP was different from both Einstein's Principles of Relativity and the uniformity postulate of Relativistic Cosmology. Notwithstanding this, the adherents of the latter adopted this name for the isotropy and homogeneity postulate. Initially, Milne treated CP as a hypothesis about matter distribution. But when he separated model constructing from verifying to what extent it corresponded with the actual Universe, he began to emphasize that CP is not a law of nature, but a definition of the research domain.

*Summarized by Rev. Dariusz Dąbek*

**Słowa kluczowe:** zasada kosmologiczna, E. A. Milne, kinematyczna teoria względności, zasada względności, jednorodność Wszechświata, zasada Macha.

**Key words:** cosmological principle, E. A. Milne, kinematical relativity, principle of relativity, homogeneity of the Universe, Mach's principle.