

DARIUSZ DĄBEK

CZYNNIK EMPIRYCZNY  
W KOSMOLOGII EDWARDA ARTURA MILNE’A

1. WPROWADZENIE

Współczesna kosmologia dąży do takiego określenia swego statusu, by mogła być w pełni uważana za naukę przyrodniczą. Jednym z istotnych elementów modelu takiej nauki jest czynnik empiryczny, który konstruowanym teoriom ma zapewnić kontakt z opisywaną przez nie rzeczywistością<sup>1</sup>. Rola, jaką czynnik ten odgrywa w poszczególnych etapach badania naukowego<sup>2</sup>, zależy w znacznym stopniu od przyjętej koncepcji uprawiania nauki.

Współcześnie uważa się, że istnieją dwa sposoby uprawiania kosmologii: „ekstrapolujący” i „dedukcyjny”<sup>3</sup>. Mówi się też, że kosmologia stosuje przede wszystkim metodę ekstrapolacji i metodę aksjomatyczno-dedukcyjną<sup>4</sup>.

---

Ks. dr DARIUSZ DĄBEK – Katedra Filozofii Przyrody Nieożywionej, Wydział Filozofii, Katolicki Uniwersytet Lubelski Jana Pawła II; adres do korespondencji: Al. Raclawickie 14, 20-950 Lublin; e-mail: dabek@kul.lublin.pl

<sup>1</sup> Por. J. T u r e k, *Czynnik empiryczny w teoriach kosmologicznych*, „Roczniki Filozoficzne” 41 (1993), z. 3, s. 6-8.

<sup>2</sup> We współczesnej metodologii, w dominującej obecnie problemowej koncepcji badania naukowego, przyjęło się wyróżniać cztery fazy: 1° generowanie, 2° funkcjonowanie, 3° testowanie, 4° podejmowanie decyzji. Dawniej (za H. Reichenbachem) wskazywano jedynie na dwa etapy: kontekst odkrycia i kontekst uzasadniania. Z. H a j d u k, *Filozofia przyrody – Filozofia przyrodoznawstwa: Metakosmologia*, Lublin 2004, s. 105.

<sup>3</sup> H. B o n d i, *Cosmology*, Cambridge 1961<sup>2</sup> (*Kosmologia*, tł. E. i A. Białas, Warszawa 1965), s. 11-17.

<sup>4</sup> S. M a z i e r s k i, *Charakterystyka i kierunki rozwoju kosmologii przyrodniczej*, „Roczniki Filozoficzne” 18 (1970), z. 3, s. 17.

Używa się również określeń „pierwsza droga” (*first way*) i „druga droga” (*second way*)<sup>5</sup>.

Preferowanym we współczesnej kosmologii sposobem badań jest „pierwsza droga”. Wykorzystuje ona metodę ekstrapolowania lokalnych praw przyrody na cały Wszechświat, wspartą obserwacjami wielkoskalowych struktur Kosmosu<sup>6</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 wyboru układu odniesienia<sup>7</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>8</sup>.

---

<sup>5</sup> Po raz pierwszy określeń tych użył R. C. Tolman. W dyskusji między zwolennikami i przeciwnikami rodzącego się w kosmologii nurtu dedukcyjnego obydwaj terminy zawierały, obok treści nawiązującej do kolejności czasowej, bardzo często także element wartościujący. Niektórzy indukcjonści nie ograniczali się do wykazywania wyższości „pierwszej drogi”, lecz zdecydowanie opowiadali się za tym, że jest to jedyny właściwy sposób uprawiania jakiegokolwiek nauki przyrodniczej. Por. R. C. Tolman, *Models of the Physical Universe*, „Science” 75 (1932), s. 367-373; G. Gale, N. Shank, *Methodology and the Birth of Modern Cosmology*, „Studies in History and Philosophy of Modern Physics” 27 (1996), B, s. 279-296.

<sup>6</sup> M. Tempczyk, *Kosmologia jako samodzielna nauka przyrodnicza*, „Człowiek i Światopogląd” 11 (1986), s. 86-87.

<sup>7</sup> Por. J. S. u c h, *O uniwersalności praw nauki*, Warszawa 1972, s. 255.

<sup>8</sup> H. 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. Bondi, *Some Philosophical Problems in Cosmology*, [w:] C. A. M a c e (ed.), *British Philosophy in the Mid-Century*, London 1957, s. 196. Ten słaby punkt metody ekstrapolacyjnej doskonale ilustruje prowadzony od kilkudziesięciu lat spór o stałą kosmologiczną. Por. D. G o l d s m i t h, *Einstein's Greatest Blunder? The Cosmological Constant and Other Fudge Factors in the Physics of the Univers*, Harvard University Press 1995 (pol.: *Największa pomyłka Einsteina? Stała kosmologiczna i inne niewiadome w fizyce Wszechświata*, tł. B. Bieniok i E. L. Łokas, Warszawa 1998).

W drugim natomiast podejściu do uprawiania kosmologii prawa fizyki wyprowadza się 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 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 wiedzy naukowej. W całym procesie pytamy więc jedynie o to, które prawa lokalne są zgodne z przyjętym układem postulatów dotyczących własności Wszechświata jako całości<sup>9</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, już przez sam fakt stosowania ekstrapolacji fizyki ziemskiej na cały Wszechświat, przyjmują pewne założenia dotyczące struktury globalnej (np. słuszność zasady kosmologicznej) oraz dedukcyjnie wyprowadzają tzw. obserwable. Z kolei kosmologie dedukcyjne formułują swe podstawowe postulaty w pewnej mierze na bazie znanych praw empirycznych, 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 za dedukcyjną<sup>10</sup>.

Celem niniejszego artykułu jest ukazanie roli czynnika empirycznego w kosmologii Edwarda Arthura Milne'a. Ponieważ kosmologia ta jest historycznie pierwszym przykładem dedukcyjnie skonstruowanej teorii kosmologicznej, wydaje się czymś ważnym i poznawczo interesującym próba odpowiedzi na pytanie, czy (a jeśli tak, to w jakim stopniu i w jaki sposób) na poszczególnych etapach jej tworzenia wykorzystywane były dane empiryczne. Jest to tym bardziej interesujące, że sam autor kinematycznej teorii

<sup>9</sup> Por. T e m p c z y k, *Kosmologia jako samodzielna nauka przyrodnicza*, s. 80-81.

<sup>10</sup> Por. B o n d i, *Kosmologia*, s. 183, 198-199; M. T e m p c z y k, *Związek fizyki z kosmologią*, „Studia Filozoficzne” 2 (1988), s. 60-65.

względności (KTW) wielokrotnie podkreślał, że nie zamierza odwoływać się do empirycznie sformułowanych praw przyrody, nie chce przyjmować ich w formie założenia lub jako coś naturalnego i oczywistego ani też w żaden inny sposób z nich korzystać<sup>11</sup>. Jego krytyka metody indukcyjnej i deklaracje o możliwości wyprowadzenia praw fizyki w sposób czysto racjonalny stały się powodem gwałtownych ataków ze strony indukcjonistów, którzy oskarżyli go o aprioryzm i sprzeniewierzenie się jedynie słusznej, ich zdaniem, metodzie uprawiania fizyki. Przyczyniło się to do przeoczenia jednego z najważniejszych elementów jego koncepcji, a mianowicie próby docenienia metody hipotetyczno-dedukcyjnej<sup>12</sup>.

## 2. CZYNNIK EMPIRYCZNY W PROCEDURACH ODKRYWANIA

Początek zainteresowania Milne'a kosmologią wiąże się z debatą, rozpoczętą w maju 1932 r. na łamach czasopisma „The Times”, będącą w pewnym sensie kontynuacją dyskusji zapoczątkowanej kilka miesięcy wcześniej na specjalnej sesji Brytyjskiego Stowarzyszenia (29 września 1931 r.) poświęconej ewolucji Wszechświata<sup>13</sup>. W czasie tej debaty James Jeans bronił coraz powszechniej akceptowanej przez astronomów i kosmologów tezy o rzeczywistym rozszerzaniu się zakrzywionej czterowymiarowej czasoprzestrzeni. Zapytany o przyczyny takiej ekspansji, odpowiedział, że nie wiemy i prawdopodobnie nigdy nie będziemy wiedzieli, dlaczego przestrzeń się rozszerza<sup>14</sup>. Ten naukowy pesymizm tak bardzo zainspirował Milne'a, że postanowił on podjąć próbę zrozumienia ekspansji Wszechświata i zbudowania teorii

<sup>11</sup> E. A. Milne, *Kinematic Relativity*, Oxford, 1948, s. 4.

<sup>12</sup> Por. G. J. Whitrow, *Milne's Cosmology*, [w:] N. S. Hetherington (ed), *Encyclopedia of Cosmology: Historical, Philosophical, and Scientific Foundations of Modern Cosmology*, New York 1993, s. 415.

<sup>13</sup> Por. H. Dingle (ed.), *The Evolution of the Universe*, Supplement to „Nature”, October 24, 128 (1931), s. 715-718.

<sup>14</sup> Por. J. R. Urañi, 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, s. 393; G. J. Whitrow, *E.A. Milne and Cosmology*, „Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society” 37 (1996), s. 365-367.

kosmologicznej, która w przystępny dla każdego sposób mogłaby to zjawisko opisać i wyjaśnić<sup>15</sup>.

Od samego początku swoich zainteresowań kosmologią Milne znał wyniki obserwacji odległych galaktyk. Omówieniu tych danych poświęcił cały paragraf w jednym ze swych pierwszych artykułów kosmologicznych<sup>16</sup>. Opisał w nim wyniki badań prowadzonych przez V. M. Sliphera, M. L. Humasona, J. H. Oorta, W. de Sittera i E. Hubble'a. Wyniki te zaakceptował łącznie z ich interpretacją, wskazującą na fakt rozszerzania się Wszechświata<sup>17</sup>. Przyjął też sformułowane przez Hubble'a prawo proporcjonalności prędkości ucieczki galaktyk do ich odległości<sup>18</sup>. Te empiryczne dane odegrały znaczącą rolę w konstruowaniu przez Milne'a jego kosmologii. Z jednej strony zainspirowały go do podjęcia zadania wyjaśnienia zjawiska ekspansji, a z drugiej, co ważniejsze, zdecydowały o ogólnych założeniach konstruowanej teorii, zwłaszcza jednostajnych prędkościach cząstek w jego kosmologicznym modelu.

Istnieją zatem pewne podstawy, by nie zgodzić się ze stwierdzeniem naszego autora, iż jego idee kosmologiczne całkowicie zerwały z tradycją indukcyjnego uogólniania wyników obserwacji i mają czysto logiczny, a nie fizyczny charakter. W. Wilson uznał, że proporcjonalność prędkości ucieczki cząstek fundamentalnych tworzących substrat do ich odległości od obserwatora jest właśnie indukcyjnym uogólnieniem obserwacji dokonywanych za pomocą teleskopów i spektroskopów. Ponadto, jego zdaniem, teoria Milne'a zawiera pewne założenia, które uzasadnić można jedynie przez odwołanie się do obserwacji i eksperymentu. Najważniejszym z nich jest zasada kosmologiczna, powiązana z transformacją Lorentza. Wilson nie zgadzał się, że

---

<sup>15</sup> Por. E. A. Milne, *Relativity, Gravitation and World-Structure*, Oxford 1935, s. 3. Por. Whitrow, *E.A. Milne and Cosmology*, s. 365-367; por. Urani, Gale, dz. cyt., s. 393.

<sup>16</sup> Por. E. A. Milne, *World-Structure and the Expansion of the Universe*, „Zeitschrift für Astrophysik” 6 (1933), s. 6-7.

<sup>17</sup> Milne miał świadomość, że słowo „Wszechświat” nie jest pojęciem jednoznacznym. Według niego może ono oznaczać system mgławic spiralnych, całość bytów materialnych lub też pewien hipotetyczny „samoistniejący układ odniesienia zwany przestrzenią”. Ponieważ nie przyjmował istnienia fizycznej przestrzeni, określenie „ekspansja Wszechświata” rozumiał jako obserwowane rozszerzanie się systemu mgławic spiralnych. Por. t e n ż e, *World-Structure and the Expansion of the Universe*, s. 7 (przyp.).

<sup>18</sup> „It is well known to everybody nowadays that the universe as a whole is expanding. By this we mean that the extra-galactic nebulae are receding from us and from one another, [...] moreover, at rates which are proportional to their separations” (t e n ż e, *Some Points in the Philosophy of Physics: Time, Evolution and Creation*, „Philosophy” 9 (1934), s. 32).

Milne wyprowadził tę transformację na drodze dedukcyjnej z przyjętych założeń. Uważał, że skoro wyprowadził ją z czystych konwencji, więc sama transformacja ostatecznie również pozostaje konwencją<sup>19</sup>.

Odpowiadając na te zarzuty, Milne w pełni przyznał, że sugestią dla opracowania idei substratu były wyniki obserwacji uciekających mgławic. Zastrzegł jednak, że w trakcie procesu konstruowania teorii nie korzystał z żadnych empirycznych odniesień. Podkreślał, że cała kinematyczna teoria względności mogłaby się zrodzić w umyśle matematyka, bez odniesienia do jakichkolwiek wyników eksperymentalnych. Pojęcie substratu przyrównał do pojęcia płaszczyzny euklidesowej, uważając, że było ono co prawda zasugerowane przez doświadczenie, lecz zostało skonstruowane w czysto teoretyczny sposób na drodze dedukcji z przyjętych postulatów. Zerwanie z tradycyjnym podejściem do zagadnień fizykalnych, w którym na początku przedstawiane są założenia fizyczne, rozumiał jako konstruowanie teorii bez przyjmowania w punkcie wyjścia takich właśnie założeń<sup>20</sup>.

Należy tu podkreślić, że Milne'owi nie chodziło o jakiegokolwiek fizyczne założenia, lecz o ilościowe prawa fizyki, zwłaszcza uzyskane na drodze indukcyjnych uogólnień. Sformułowanie takich praw uważał za cel podejmowanych wysiłków badawczych i przesunął je na koniec całego procesu konstruowania fizyki. Przyjmował natomiast pewne bardzo ogólne założenia dotyczące globalnej struktury Wszechświata. Miały one charakter hipotez, ponieważ ich akceptację uzależniał od zgodności wyprowadzonych z nich dedukcyjnych konsekwencji z danymi doświadczalnymi. Hipotez tych nie przyjmował w oderwaniu od wyników nauk fizykalnych. Wprost przeciwnie, będąc przyrodnikiem, brał pod uwagę ówczesny stan wiedzy zarówno w jej teoretycznym, jak i empirycznym wymiarze. Jednakże zdecydowanie podkreślał konwencjonalny charakter przyjmowanych założeń początkowych. Odpowiadając np. na zarzut, że transformacje Lorentza przyjął na zasadzie konwencji, uznał, iż nie jest to w żadnym wypadku uwaga krytyczna, lecz raczej potwierdzenie właściwego zrozumienia jego idei<sup>21</sup>.

---

<sup>19</sup> Wilson stoi wyraźnie na stanowisku empiryzmu twierdząc, że „o prawdziwość lub fałszywość teorii w naukach fizykalnych decydować może wyłącznie odwołanie się do doświadczenia”. Por. W. Wilson, *Kinematic Relativity*, „Philosophical Magazine and Journal of Science” 35 (1944), No. 7, s. 248; tamże, 37 (1946), 7, s. 421-426.

<sup>20</sup> Por. E. A. Milne, *Kinematic Relativity. A reply to Professor W. Wilson*, „Philosophical Magazine and Journal of Science” 36 (1945), No. 7, s. 140.

<sup>21</sup> Por. tamże.

Swoje kinematyczne rozważania Milne rozpoczął od zbioru cząstek poruszających się z różnymi, choć jednostajnymi prędkościami. Uzasadniał to tym, że ruch jednostajny jest tak naturalny, iż cząstki poruszałyby się w taki sposób bez przyjmowania jakichkolwiek założeń. W swej pierwszej monografii przyznał, że choć formalnie jego metoda powinna uporać się także z fundamentalnymi cząstkami o względnych przyspieszeniach, to jednak stopień jej zaawansowania nie pozwolił na podjęcie analizy takich ruchów<sup>22</sup>.

Na podstawie porównania własnej teorii z kosmologią relatywistyczną Milne wyciągnął natomiast wniosek, iż pojawienie się przyspieszeń cząstek fundamentalnych prowadziłyby do poważnych trudności fizycznych. Uzasadniał to tym, że przy nieprzekraczalnej prędkości światła  $c$ , cząstka poruszająca się w pobliżu ekspandującej granicy obserwowalnych cząstek nie może mieć przyspieszenia skierowanego na zewnątrz, gdyż stałaby się wówczas nieobserwowalna. Materia znikałaby więc z pola widzenia obserwatora, co jest sprzeczne z faktycznym doświadczeniem. Z drugiej strony, gdyby cząstki posiadały przyspieszenia skierowane do środka układu, ekspandująca granica mogłaby być jedynie osiągnięta przez kreację dalszych cząstek, poruszających się w chwili kreacji z prędkością światła<sup>23</sup>.

Podsumowując rozważania dotyczące trudności pojawiających się w przypadku cząstek posiadających względne przyspieszenia, Milne stwierdził, iż przedstawiony przez niego układ jednostajnie poruszających się cząstek unika problemu zarówno anihilacji (znikania), jak i kreacji (pojawiania się) materii w czasie lub w doświadczeniu. Uzasadnia w ten sposób wartość rozważań dotyczących systemu fundamentalnych cząstek poruszających się ruchem jednostajnym<sup>24</sup>.

Interpretacja wyników obserwacji odległych galaktyk, a zwłaszcza liniowa zależność prędkości ich ucieczki od odległości, miała największy wpływ na kształt koncepcji Milne'a. Przede wszystkim stwierdziła, że galaktyki oddalają się od nas. Prowadziła zatem do wniosku, że w przeszłości wszystkie galaktyki zajmowały znacznie mniejszą przestrzeń. Sugerowała ponadto,

<sup>22</sup> Por. t e n z e, *Relativity, Gravitation and World-Structure*, s. 170, 338.

<sup>23</sup> Milne komentuje to następująco: „Ta kreacja w doświadczeniu jest sposobem, do którego ucieka się matematyka ogólnej teorii względności, ostatecznie w pewnych przypadkach ( $\lambda = 0$ ), by zapewnić centralne położenie dla każdej cząstki w polu pozostałych. Jest to jednak równoznaczne z kreacją materii w czasie, w doświadczeniu obserwatorów, co jest sprzeczne z rzeczywistym doświadczeniem” (tamże, s. 170).

<sup>24</sup> Por. tamże.

że ich ekspansja odbywa się bez przyspieszeń. Wskazywała wreszcie, że wraz z upływem czasu zmniejsza się średnia gęstość materii Wszechświata. To wszystko zadecydowało o przyjęciu przez Milne'a modelu, w którym swobodne, nieoddziałujące ze sobą cząstki zajmują w stanie początkowym dowolnie małą objętość i w naturalny sposób ulegają dyspersji, poruszając się ruchem jednostajnym. Taki model stał się punktem wyjścia jego modelu zmierzającego do wyjaśnienia zjawiska ekspansji Wszechświata<sup>25</sup>.

W tym kontekście bardziej zrozumiały staje się wynik dyskusji między Whittakerem, broniącym Milne'a przed zarzutami aprioryzmu, a zwolennikami indukcyjnej metody uprawiania nauk przyrodniczych. Ci ostatni musieli przyznać, że przyjęte przez Milne'a założenia jego kosmologii nie były czysto apriorycznymi tezami, lecz zostały sformułowane w znacznej mierze pod wpływem wyników obserwacji odległych galaktyk<sup>26</sup>.

---

<sup>25</sup> „Zjawisko ekspansji Wszechświata nie ma nic wspólnego z grawitacją. Można je jakościowo i ilościowo wytłumaczyć (*explicable*) za pomocą płaskiej, nieskończonej statycznej przestrzeni Euklidesa. Nowa metoda badań tego kosmologicznego problemu opiera się jedynie na dwóch postulatach, bez jakichkolwiek odniesień do pojęć przyczynowych, praw dynamiki, zakrzywionej metryki czy też teorii grawitacyjnej typu teorii pola lub oddziaływania na odległość. Pierwszy to einsteinowski postulat stałej prędkości światła. Podsumowuje on eksperymenty, które nie zdołały wykryć «ruchu względem eteru» i jest równoważny stwierdzeniu, że dwaj obserwatorzy w jednostajnym względnym ruchu mają zgodne obrazy zdarzeń, gdy ich opisy powiązane są transformacją Lorentza. Drugi postulat, choć powiązany z zasadą ustanowioną przez Einsteina, jest zupełnie nowy i ustala, że dwaj obserwatorzy poruszający się względnym ruchem jednostajnym mają identyczne obrazy Wszechświata, tzn. każdy z nich widzi taką samą sekwencję następujących po sobie obrazów świata w swojej własnej euklidesowej przestrzeni i swej własnej skali czasowej. Z tych dwóch postulatów wynika Hubble'a zależność prędkość-odległość dla mgławic spiralnych. W dalszej kolejności prowadzą one do określenia rozkładu materii i ruchu we Wszechświecie. Zgodnie z tymi prawami rozkładu Wszechświat mgławic zajmuje wnętrze ekspandującej sfery (w 3-wymiarowej przestrzeni Euklidesa), którego centrum znajduje się w dowolnie wybranej mgławicy tego systemu. Zewnętrzna granica sfery ekspanduje z prędkością światła i mgławice – nieskończone w swej liczbie – są silnie skupione w jej pobliżu. Jednakże całość odbieranego światła w dowolnym kierunku jest skończona. Te twierdzenia obowiązują w przestrzeni Euklidesa i zwykłym (*ordinary*) czasie obserwatora poruszającego się z dowolnie wybraną mgławicą, która dla tego obserwatora jest centrum całego systemu. [...] Każda mgławica tego systemu podlega zerowemu przyspieszeniu i ten fakt oznacza nową postać prawa grawitacji, które nie wyraża się ani przez metrykę, ani przez oddziaływanie na odległość, lecz jako całkowity wpływ materii Wszechświata w określonych punktach” (t e n ż e, *World-Structure and the Expansion of the Universe*, s. 1).

<sup>26</sup> Por. t e n ż e, *Cosmological Theories*, „The Astrophysical Journal” 91 (1940), s. 133, 156; 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, s. 291.



Ponieważ Milne'a interesowały przede wszystkim pytania problemowe, domagające się wyjaśnienia przyczynowego, a nie tylko ustalania zachodzących w przyrodzie prawidłowości, nie ograniczał się on do zbierania i uogólniania wyników obserwacji. Doceniał wartość metod obserwacyjnych i eksperymentalnych w kontekście odkrycia. Otwarcie przyznawał, że wykorzystywał je jako inspirację i pomoc w ustalaniu właściwego kierunku badań<sup>27</sup>. W przeciwieństwie jednak do zwolenników baconowskiej metody indukcji, Milne uważał, że dane empiryczne powinny być używane jedynie w procedurach testowania gotowych teoretycznych modeli, a nie w procedurach ich konstruowania. Był przekonany, że nie istnieją żadne ograniczenia w inwencji twórczej teoretyka wymyślającego modele, ponieważ ostatecznie ich konsekwencje będą porównywane z faktami obserwacyjnymi i jakiegokolwiek ograniczenia pojawią się dopiero na etapie testowania<sup>28</sup>.

### 3. CZYNNIK EMPIRYCZNY W PROCEDURACH TESTOWANIA

Konstruowanie teorii (nauki), oprócz ustalenia aksjomatów i reguł wyprowadzania z nich twierdzeń, powinno – zdaniem Milne'a – polegać przede wszystkim na zbudowaniu *a priori* świata pojęć, z którymi zostaną porównane informacje uzyskane w doświadczeniu<sup>29</sup>. Przenosząc tę ideę na grunt kosmologii, Milne przyjął szczególną procedurę metodologiczną rozpoczynającą się od ustalenia hipotez na podstawie swoich własnych ogólnych idei

---

<sup>27</sup> Por. E. A. Milne, *Rational electrodynamics. The Limitations of Classical Electromagnetism*, „Philosophical Magazine and Journal of Science”, 34 (1943), No. 7, part I, s. 74.

<sup>28</sup> Por. tenże, *The Aims of Mathematical Physics*, Oxford 1929 – streszczenie wykładu zdeponowane w Royal Astronomical Society, s. 9.

<sup>29</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 ma możliwość i obowiązek budowania *a priori* świata 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> siècle*, Paris 1965, s. 173.

dotyczących Wszechświata, a następnie dedukcyjnego wyprowadzenia z tych hipotez w miarę możliwości testowalnych obserwacyjnie konsekwencji. Postulaty jego teorii można zatem potraktować jako hipotezy dotyczące doświadczalnego Wszechświata. Tego rodzaju podejście wywołało jednak nieśluszną krytykę. Milne'owi postawiono zarzut wyboru postulatów, bez poddania ich empirycznym testom. W odpowiedzi na taki zarzut można byłoby potraktować te postulaty jako definicje określające czysto teoretyczny model Wszechświata. W. H. McCrea wskazuje następujący schemat takiego podejścia: należy przyjąć pewien model Wszechświata, w którym obserwatorzy mogą wykonywać określone rodzaje obserwacji, spełniający postulat równoważności obserwatorów fundamentalnych i zasadę kosmologiczną, a następnie sprawdzić, jakie jeszcze własności można z tych założeń wyprowadzić na drodze dedukcji<sup>30</sup>.

Obserwacja i eksperyment mają, zdaniem Milne'a, fundamentalne znaczenie dla początkowego (odkrywanie) i końcowego (testowanie) etapu badania naukowego. Mniejszą natomiast rolę przejawiają w procedurach dedukcyjnego wyprowadzania konsekwencji z przyjętych założeń oraz w strukturze już ukończonej nauki. Skonstruowana i zweryfikowana teoria powinna bowiem uzyskać strukturę systemu aksjomatycznego, w którym dane empiryczne nie stanowią już tak istotnego elementu<sup>31</sup>.

Zasadniczą funkcję testowania, a zwłaszcza weryfikowania empirycznego, upatrywał Milne w nadawaniu twierdzeniom matematycznym charakteru wiedzy przyrodniczej. Testowanie empiryczne, czyli konfrontowanie teorii z doświadczeniem, jest potrzebne tylko wtedy, gdy chcemy nadać zdaniom teoretycznym status wiedzy fizycznej, tzn. odnieść te zdania do rzeczywistości<sup>32</sup>. Ponadto uważał, że obserwacje mogą spełniać również pewne funkcje w stosunku do geometrii. Wprawdzie nie potwierdzają one twierdzeń geometrycznych, ale mogą sprawdzić, czy np. konkretny trójkąt w przyrodzie reprezentuje abstrakcyjny obiekt geometryczny zdefiniowany przez pewien układ aksjomatów<sup>33</sup>.

---

<sup>30</sup> Por. Milne, *Relativity, Gravitation*, s. 24, 27, 60-72; W. H. McCrea, *The Evolution of Theories of Space-Time and Mechanics*, „Philosophy of Science” 6 (1939), s. 151.

<sup>31</sup> Por. E. A. Milne, *The Fundamental Concepts of Natural „Philosophy”*, „Proceedings of the Royal Society of Edinburgh” 62 (1943), s. 11.

<sup>32</sup> Por. B. G. Brown, *The Philosophies of Science of Eddington and Milne*, „American Journal of Physics” 17 (1949), s. 554.

<sup>33</sup> Por. E. A. Milne, *Modern Cosmology and the Christian Idea of God*, Oxford 1952, s. 27.

Czynnik empiryczny odgrywał ważną rolę w badaniach Milne'a, co nie oznaczało jednak opowiadania się za indukcjonizmem czy też preferowania wyników doświadczenia w stosunku do dedukcyjnego sposobu uprawiania nauki. Jego kosmologia ma, według McCrea, charakter opartej na fizycznych postulatach czysto dedukcyjnej teorii. Dokładniej, w Milne'a modelu Wszechświata równoważność obserwatorów i zasada kosmologiczna potraktowane zostały jako hipotezy o charakterze praw empirycznych, a wszystkie pozostałe cechy zostały z nich wyprowadzone na drodze dedukcji bez żadnych dodatkowych założeń. Ostatnim krokiem było porównanie tak skonstruowanego modelu z rzeczywistym Wszechświatem<sup>34</sup>.

Wydaje się, że metodologiczne poglądy Milne'a mogły być inspirowane postawą Einsteina, który już od 1919 r. był zwolennikiem hipotetyzmu<sup>35</sup>. Angielskiego uczonego można ponadto uznać za jednego z prekursorów popperowskiego falsyfikacjonizmu. Uważał bowiem, że trzeźwo rozumujący fizyk-observator dąży do wyszukiwania takich obserwacji, które by kwestionowały (falsyfikowały) teorie i wnioski fizyków-teoretyków. Natomiast teoretyk powinien mieć odwagę bronić swego stanowiska przed atakami obserwatorów. Nie jest to w pełni popperowski falsyfikacjonizm, gdyż zadaniem teoretyka jest nie tyle korygowanie własnej teorii, ile raczej jej obrona, ponieważ dostrzegane aktualnie sprzeczności z doświadczeniem mogą być następstwem panującej mody zarówno w sposobie ujmowania doświadczenia, jak i w interpretacji teorii. Falsyfikacjonizm Milne'a ujawnia się również w stwierdzeniu, że człowiek nauki powinien być w zasadzie „buntownikiem” (*rebel*), tzn. nie powinien być zadowolony z aktualnego stanu nauki, lecz wbrew powszechnemu przekonaniu doszukiwać się słabych stron aktualnych teorii i wyprowadzać wnioski różniące się od tych, które są przyjmowane przez większość<sup>36</sup>.

Milne'a zaangażowanie w falsyfikacjonizm było widoczne jeszcze przed zainteresowaniem się problematyką kosmologiczną. Już wówczas uważał, że zadaniem teoretycznego astrofizyka jest skonstruowanie jak największej liczby modeli wraz z wyprowadzonymi na drodze wnioskowania własnościami. To, czy te własności zgadzają się z obserwacją, jest mało istotne,

<sup>34</sup> Por. tenże, *Rational electrodynamics. The Limitations of Classical Electromagnetism*, „Philosophical Magazine and Journal of Science”, 34 (1943), No. 7, part I, s. 74.

<sup>35</sup> Por. J. Turek, *Albert Einstein prekurem hipotetyzmu Karla Poppera*, „Roczniki Filozoficzne” (w druku ???).

<sup>36</sup> Por. Milne, *Modern Cosmology*, s. 8.

gdyż „odrzucony model jest w rzeczywistości bardziej wartościowy od tego, który pozostaje w zgodzie z obserwacjami, ponieważ wskazuje on, jaka przyroda nie jest, podczas gdy zwycięski model pozostawia otwartą kwestię, która z jego cech jest odpowiedzialna za sukces”<sup>37</sup>. Celem astrofizyka jest wyprowadzanie wniosków na temat rzeczywistej natury obserwowanych ciał, a sposobem jego realizacji proponowanie hipotez i sprawdzanie, czy wynikające z nich przewidywania pozostają w zgodzie z obserwacjami. Jednak to kryterium nie ma charakteru absolutnego, gdyż „obserwacje nigdy nie mogą potwierdzić (*confirm*) naszych hipotez; mogą je tylko obalić (*disprove*)”<sup>38</sup>. Widać zatem, że już przed 1929 r. Milne wyraźnie opowiadał się za metodą hipotetyczno-dedukcyjną<sup>39</sup>.

Empiryczne testowanie teorii kosmologicznych było w latach trzydziestych zadaniem dość trudnym. Zasięg teleskopów wystarczał do pomiarów przesunięć linii widmowych i sprawdzania prawa Hubble’a, ale był zbyt mały, by falsyfikować konkretne modele Wszechświata<sup>40</sup>. Milne znał stan ówczesnej wiedzy przyrodniczej i techniczne możliwości prowadzenia obserwacji oraz związane z tym ograniczenia. Miał jednak głębokie przeświadczenie, że to właśnie zgodność z danymi empirycznymi winna być ostatecznym sposobem weryfikacji teorii<sup>41</sup>. Był on przekonany, że zarówno w jego teorii, jak i w OTW dowolne twierdzenia zapisane w postaci wzorów matematycznych można przelożyć na obserwacje. Uważał, że testowanie modeli kosmologicznych należy przeprowadzać w dwóch etapach: przejście od twierdzeń teorii do testowalnych implikacji, a następnie porównanie ich z wynikami obserwacji<sup>42</sup>.

McCrea zwrócił uwagę na trudności związane z próbą bezpośredniego testowania KTW i stanowiącej integralną jej część kosmologii. Teorii tej nie da się przetestować w taki sposób, by można było wyprowadzić wniosek, że

<sup>37</sup> Por. tenże, *The Aims*, s. 26.

<sup>38</sup> Tamże, s. 25.

<sup>39</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, s. 349-350.

<sup>40</sup> Por. A. J. Harder, *E.A. Milne, Scientific Revolutions and the Growth of Knowledge*, „Annals of Science” 31 (1974), s. 357-359.

<sup>41</sup> Por. E. A. Milne, *World-Models and World-Picture*, „The Observatory” 57 (1934), s. 24-27.

<sup>42</sup> Porównywanie natomiast geometrii obydwu teorii Milne uznał za całkowicie bezużyteczne, gdyż był przekonany, że wybór użytej w opisie Wszechświata geometrii jest zupełnie arbitralną decyzją obserwatora. Por. tenże, *Relativity, Gravitation*, s. 290.

rzeczywisty Wszechświat skonstruowany jest tak samo, jak model opracowany przez Milne'a. Wiąże się to z tym, że w KTW każdy obserwator fundamentalny stowarzyszony jest z galaktyką potraktowaną jako „cząstka”. A ponieważ „nie mamy obecnie żadnej możliwości porozumiewania się z obserwatorami znajdującymi się na innych galaktykach, nie możemy bezpośrednio przetestować postulowanej równoważności obserwatorów czy też zasady kosmologicznej”<sup>43</sup>. McCrea wskazał jednak na niektóre rezultaty KTW, które w znacznym stopniu zgadzały się z ówczesnymi obserwacjami: 1° lorentzowska transformacja między współrzędnymi obserwatorów pozwalała zastosować do teorii Milne'a testy obserwacyjne 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 się uporać ówczesna kosmologia relatywistyczna<sup>44</sup>.

Próby pokazania, w jaki sposób można sfalsyfikować uzyskane przez autora KTW wyniki badań, podejmowali również przeciwnicy jego metody. H. Dingle wymienił pięć obserwacyjnych sposobów wyboru między modelem Milne'a a modelami kosmologii relatywistycznej, nie ukrywając nadziei, że rozwój technik obserwacyjnych obali ten pierwszy:

1) Pomiar zmian prędkości ucieczki – model kinematyczny przewiduje stałą prędkość ekspansji, natomiast w modelach opartych na OTW prędkość ta jest funkcją czasu, a więc może (choć nie musi) się zmieniać. Gdyby okazało się, że ekspansja zwalnia lub przyspiesza, byłby to wynik świadczący na korzyść kosmologii relatywistycznej. Jednakże czas potrzebny do wykonania takich pomiarów praktycznie wyklucza możliwość przeprowadzenia tego testu;

2) Weryfikacja prawa Hubble'a – w modelu Milne'a relacja prędkość-odległość powinna ściśle obowiązywać we wszystkich zakresach odległości, modele relatywistyczne zaś dopuszczają przy dużych odległościach odstępstwa od proporcjonalności. Dingle spodziewał się, że budowany wówczas 200-calowy teleskop może dostarczyć danych niezgodnych z teorią Milne'a;

3) Badanie ruchów własnych mgławic – zdaniem Dingle'a ruchy takie dopuszczalne są tylko w modelach kosmologii relatywistycznej;

<sup>43</sup> M c C r e a, *The Evolution of Theories*, s. 153.

<sup>44</sup> Por. tamże, s. 152.

4) Dokładniejsze pomiary odstępstw od proporcjonalności prędkość-odległość – takie wyniki byłyby zdaniem Dingle’a równoważne z odkryciem ruchów własnych mgławic, a więc świadczyłyby również przeciwko KTW;

5) Zliczanie mgławic – Dingle uważał, że odkrycie w przyszłości większej liczby mgławic będzie stanowiło eksplanacyjną trudność dla teorii Milne’a<sup>45</sup>.

Podjmując dyskusję, Milne uznał, że przedstawiona przez Dingle’a lista testów jest niekompletna, gdyż pomija trzy dodatkowe wnioski wyprowadzonych dedukcyjnie z zasady kosmologicznej: a) przewidywanie nieuchronnej ucieczki galaktyk, b) prognoza dotycząca proporcjonalności prędkość-odległość, c) przybliżone oszacowanie średniej gęstości materii wygładzonego Wszechświata w pobliżu obserwatora<sup>46</sup>.

Autor KTW zdawał sobie sprawę z konieczności starannego odróżnienia teoretycznych modeli od ich aplikacji do rzeczywistości. Uważał, że pytanie, czy reprezentują one Wszechświat, powinno być analizowane zarówno na płaszczyźnie obserwacyjnej, jak również stać się przedmiotem ogólnych rozważań leżących poza zasięgiem samej tylko teorii<sup>47</sup>.

Końcowym etapem budowania teorii przyrodniczej powinna być, zdaniem Milne’a, weryfikacja wyprowadzonych dedukcyjnie tez. Jego fascynacja geometrią jako w pełni aksjomatyzowaną nauką powodowała, że traktował ją jako ideał i często odwoływał się do jej przykładu. Rozważając kwestię statusu obserwacji i eksperymentu w badaniu naukowym, analizował właśnie geometrię, w której obserwacja – jego zdaniem – odgrywa podwójną rolę: 1° odkrywanie twierdzeń na drodze empirycznej, 2° weryfikacja znaczenia twierdzeń wyprowadzonych dedukcyjnie z aksjomatów, a przez to identyfikowanie w przyrodzie przedmiotów odpowiadających obiektom występującym w aksjomatach<sup>48</sup>. Przenosząc to na grunt nauk faktualnych, przyznawał obserwacji podwójną rolę. Z jednej strony powinna sprawdzać, czy istnieją w przyrodzie obiekty, które odpowiadają terminom występującym w aksjomatach (definicjach terminów pierwotnych) lub skonstruowanym na ich podstawie w trakcie późniejszego procesu budowania teorii. Z drugiej strony ob-

<sup>45</sup> Por. H. Dingle, *On E.A. Milne’s theory of world structure and the expansion of the universe*, „Zeitschrift für Astrophysik”, 7 (1933), s. 170.

<sup>46</sup> Por. E. A. Milne, *Note on H.P. Robertson’s paper on World-Structure*, „Zeitschrift für Astrophysik”, 7 (1933), s. 186.

<sup>47</sup> Por. t e n ż e, *Relativity Gravitation*, s. 266.

<sup>48</sup> Por. t e n ż e, *On the Origin of Laws of Nature*, „Nature” 139 (1937), s. 998.

serwacja powinna ustalać, czy wyprowadzone z aksjomatów twierdzenia obowiązują w realnym świecie<sup>49</sup>.

Widać więc, że choć w Milne'a koncepcji badań obserwacja i eksperyment nie odgrywały zasadniczej roli w strukturze już ukończonej nauki, to jednak pełniły ważną funkcję w procedurach odkrycia i testowania. W pierwszym etapie badania naukowego wpływały zarówno na wybór problemu badawczego (ucieczka galaktyk), jak również na kształt wysuniętych hipotez (zasada kosmologiczna). Natomiast w głównej części procesu konstruowania teorii najważniejsze okazało się wnioskowanie dedukcyjne zmierzające do wyciągnięcia jak największej liczby wniosków z przyjętych (możliwie najogólniejszych) założeń<sup>50</sup>. Mocne akcentowanie roli dedukcji w tym procesie powodowało jednak błędne rozumienie Milne'a koncepcji i często niesłuszną krytykę jego metodologiczno-epistemologicznych poglądów.

Przeprowadzona analiza poglądów autora KTW pokazuje, że doceniał on wartość czynnika empirycznego zarówno w początkowej fazie konstruowania teorii (formułowanie hipotez), jak również na jej etapie końcowym (testowanie, weryfikacja). Na tej podstawie wyraźnie widać, że choć Milne wybrał hipotetyczno-dedukcyjną metodę konstruowania kosmologii, bardzo podkreślał swój racjonalizm i wyraźnie deklarował antyindukcjonizm, to jednak swoją teorię budował w ścisłej łączności z danymi empirycznymi i wynikami badań faktycznie uprawianej ówczesnie nauki.

#### BIBLIOGRAFIA

- B o n d i H.: *Cosmology*, Cambridge University Press, Cambridge 1961<sup>2</sup> (pol.: *Kosmologia*, tł. E. i A. Białas, PWN, Warszawa 1965).
- *Some Philosophical Problems in Cosmology*, [w:] C. A. M a c e (ed.), *British Philosophy in the Mid-Century*, George Allen and Unwin, London 1957, s. 195-201.
- B r o w n B. G.: *The Philosophies of Science of Eddington and Milne*, „*American Journal of Physics*” 17 (1949), s. 553-558.
- D i n g l e H. (ed.): *The Evolution of the Universe*, Supplement to „*Nature*”, October 24, 128 (1931), s. 715-718.

<sup>49</sup> Por. t e n ż e, *Kinematics, Dynamics and the Scale of Time*, „*Proceedings of the Royal Society of London*” 158 (1937), A, part I, s. 326; t e n ż e, *On the Origin of Laws of Nature*, s. 998.

<sup>50</sup> Por. t e n ż e, *The Fundamental Concepts*, s. 11.

- On E.A. Milne's theory of world structure and the expansion of the universe, „Zeitschrift für Astrophysik” 7 (1933), s. 167-179.
- Gale G., Shanks N.: Methodology and the Birth of Modern Cosmology, „Studies in History and Philosophy of Modern Physics” 27 (1996), B, s. 279-296.
- Gale G., Urani J. R.: 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, s. 343-375.
- Goldsmith D.: Einstein's Greatest Blunder? The Cosmological Constant and Other Fudge Factors in the Physics of the Univers, Harvard University Press 1995 (pol.: *Największa pomyłka Einsteina? Stała kosmologiczna i inne niewiadome w fizyce Wszechświata*, tł. B. Bieniak i E. L. Łokas, Prószyński i S-ka, Warszawa 1998).
- Hajduk Z.: *Filozofia przyrody – Filozofia przyrodoznawstwa: Metakosmologia*, TN KUL, Lublin 2004.
- Harder A.J.: E.A. Milne, Scientific Revolutions and the Growth of Knowledge, „Annals of Science” 31 (1974), s. 351-363.
- Mazierski S.: Charakterystyka i kierunki rozwoju kosmologii przyrodniczej, „Roczniki Filozoficzne” 18 (1970), z. 3.
- McCrea W. H.: The Evolution of Theories of Space-Time and Mechanics, „Philosophy of Science” 6 (1939), 137-162.
- Merleau-Ponty J.: *Cosmologie du XX<sup>e</sup> siècle*, Gallimard, Paris 1965.
- Milne E. A.: Cosmological Theories, „The Astrophysical Journal” 91 (1940), s. 129-158.
- Kinematic Relativity, Clarendon Press, Oxford 1948.
- Kinematic Relativity. A reply to Professor W. Wilson, „Philosophical Magazine and Journal of Science” 36 (1945), No. 7, s. 134-143.
- Kinematics, Dynamics and the Scale of Time, „Proceedings of the Royal Society of London” 158 (1937), A, part I, s. 324-348.
- Modern Cosmology and the Christian Idea of God, Clarendon Press, Oxford 1952.
- Note on H.P. Robertson's paper on World-Structure, „Zeitschrift für Astrophysik” 7 (1933), s. 180-187.
- On the Origin of Laws of Nature, „Nature” 139 (1937), s. 997-999.
- Rational electrodynamics. The Limitations of Classical Electromagnetism, „Philosophical Magazine and Journal of Science” 34 (1943), No. 7, part I, s. 73-82.
- Relativity, Gravitation and World-Structure, Oxford University Press, Oxford 1935.
- Some Points in the Philosophy of Physics: Time, Evolution and Creation, „Philosophy” 9 (1934), s. 19-38.
- The Aims of Mathematical Physics, Oxford 1929 – streszczenie wykładu zdeponowane w Royal Astronomical Society, s. 3-28.
- The Fundamental Concepts of Natural „Philosophy”, „Proceedings of the Royal Society of Edinburgh” 62 (1943), s. 10-24.
- World-Models and World-Picture, „The Observatory” 57 (1934), s. 24-27.
- World-Structure and the Expansion of the Universe, „Zeitschrift für Astrophysik”, 6 (1933), s. 1-95.
- Such J.: *O uniwersalności praw nauki*, PWN, Warszawa 1972.
- Tempczyk M.: Kosmologia jako samodzielna nauka przyrodnicza, „Człowiek i Światopogląd” 11 (1986), s. 74-89.
- Związek fizyki z kosmologią, „Studia Filozoficzne” 2 (1988), s. 55-66.
- Tolman R. C.: Models of the Physical Universe, „Science” 75 (1932), s. 367-373.



- Turek J.: Albert Einstein prekursorem hipotetyzmu Karla Poppera, „Roczniki Filozoficzne” (złożone do druku).
- Czynniki empiryczne w teoriach kosmologicznych, „Roczniki Filozoficzne” 41 (1993), z. 3, s. 5-47.
- Urani J. R., Gale G.: 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), Birkhäuser, Boston 1994, s. 390-419.
- Whitrow G. J.: E.A. Milne and Cosmology, „Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society” 37 (1996), s. 365-367.
- Milne's Cosmology, [w:] N. S. Hetherington (ed.), Encyclopedia of Cosmology: Historical, Philosophical, and Scientific Foundations of Modern Cosmology, Garland, New York 1993, s. 410-416.
- Wilson W.: Kinematic Relativity, „Philosophical Magazine and Journal of Science” 35 (1944), No. 7, s. 241-249.
- Kinematic Relativity, „Philosophical Magazine and Journal of Science” 37 (1946), No. 7, s. 421-426.

## THE EMPIRICAL FACTOR IN E.A. MILNE'S COSMOLOGY

## Summary

This paper presents the role of the empirical factor in E.A. Milne's hypothetico-deductivist cosmology. Two contexts of the constructing of his theory are analysed: the context of discovery and the context of justification. It is shown that in the first one empirical data (recession of the galaxies and Hubble's law) inspired him to investigate the cosmological problem of the phenomenon of the expanding Universe and influenced him to put forward the hypotheses: uniform velocities of fundamental particles, Cosmological Principle, and Lorentz transformation. Milne emphasised that in the procedure of justification the *completed* theoretical cosmological models should be tested. The empirical factor plays the most significant role in this procedure because the empirical data are the ultimate basis for confirmation or falsification of the cosmological models.

*Summarised by Author*

**Słowa kluczowe:** E.A. Milne, kinematyczna teoria względności, kosmologia dedukcyjna.

**Key words:** E.A. Milne, kinematical relativity, deductivist cosmology.

**Information about Author:** Rev. Dr. DARIUSZ DĄBEK – Chair of Philosophy of Inanimate Nature, Faculty of Philosophy, The John Paul II Catholic University of Lublin; address for correspondence: Al. Raławickie 14, PL 20-950 Lublin; e-mail: dabek@kul.lublin.pl