

# Tadeusz M. Sierotowicz

---

## Między stacjonarnym a ewolucyjnym obrazem Wszechświata

---

Studia Philosophiae Christianae 26/2, 136-146

---

1990

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

## REMARKS ON THE EQUIVALENCE OF SOME COSMOLOGICAL MODELS

### Summary

The paper is a short discussion about the latest results of the author in the field of cosmology. Connections are shown between present cosmological models and corollaries from these connections which themselves can be called laws of physics (i.e. equivalence principle).

TADEUSZ M. SIEROTOWICZ

## MIĘDZY STACJONARNYM A EWOLUCYJNYM OBRAZEM WSZECHŚWIATA

### WSTĘP

Ponieważ nauka nie ogranicza się do wyrażania użytecznych prawidliwości, lecz szuka prawdy, musi uprawomocnić swoje reguły gry<sup>1</sup>. Prowadzi zatem dyskurs uprawomocniający, zwany filozofią nauki. Pośród wielu zagadnień podejmowanych przez współczesną filozofię nauki w ramach owego dyskursu znajduje się problem wyboru teorii naukowych, który można sformułować następująco: czy można interpretować „proces zastępowania jednych teorii innymi jako rezultat stosowania określonych, uniwersalnie ważnych reguł postępowania badawczego, reguł, które dadzą się skodyfikować i przedstawić jako racjonalne?”<sup>2</sup>.

Jednym ze sposobów badania tego zagadnienia jest odwołanie się do historii nauki, aby prześledzić przebieg konkurencji teorii naukowych niejako *in statu nascendi*<sup>3</sup>. Dzięki takiemu podejściu czyni się zadość nie tylko opinii lorda Bolingbroke'a, wedle której „historia jest uczeniem filozofii na przykładach”, ale również zyskuje się możliwość głębszego zrozumienia tak historii nauki, jak i filozofii nauki oraz ich wzajemnych powiązań.

W poszukiwaniu takich właśnie historycznych przykładów warto zwrócić się w stronę współczesnej kosmologii, której najnowsza histo-

<sup>1</sup> Parafraza słów Jean-François Lyotarda z jego artykułu *Kondycja postmodernistyczna*, Literatura na Świecie, 8—9 (1988), 280.

<sup>2</sup> S. Amsterdamski, *Między historią a metodą*, Warszawa 1983, 184—185.

<sup>3</sup> Na temat „zwrotu ku historii” w filozofii nauki, pisze obszernie E. Mokrzycki w *Filozofia nauki a socjologia*, Warszawa 1980, s. 31—142. Autor ten komentuje m. in. podział ról (sugerowany przez znane dictum Lakatosa: „filozofia nauki bez historii nauki jest pusta; historia nauki bez filozofii nauki jest ślepa”), wedle którego filozofia nauki prezentuje dziedzinę „myśli”, a historia nauki dziedzinę „faktów”. Obszernie też przedstawia on stanowiska Feyerabenda, Kuhna, Poppera i Mc Mullina w tej sprawie.

ria dostarcza jednego z bardziej interesujących przykładów współzawodnictwa teorii naukowych, w toczącej się w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych konkurencji ewolucyjnych modeli Wszechświata i modelu stanu stacjonarnego. W trakcie trwania tej rywalizacji prota- goniści tych modeli najczęściej odwoływali się do zliczeń radiozródeł jako testu kosmologicznego.

W niniejszym artykule zostanie podjęta próba spojrzenia na ten właśnie historyczny przykład (reprezentujący dziedzinę „faktów” (zob. przypis 3) i opisany szerzej (w części historycznej), przez pryzmat tego ujęcia reguł wyboru, jakie w ramach metodologii programów badawczych przedstawił I. Lakatos (koncepcja ta reprezentuje sferę „myśli” w niniejszych rozważaniach). Owa interpretacja „faktu” (hi- storycznego) w świetle pewnej „myśli” (metodologicznej) zostanie pod- sumowana w ostatniej części niniejszego artykułu i osadzona w nieco szerszym kontekście.

## 2. „FAKTY” — CZĘŚĆ HISTORYCZNA

Przemiany, jakie przeszła kosmologia w latach 1912—1959 (lata wyznaczające tzw. „złoty okres” współczesnej kosmologii) sprawiły, że kosmologia zyskała możliwość obserwacyjnego sprawdzania swych teo- retycznych modeli, stając się tym samym nauką eksperymentalną. Niemniej sama natura i przedmiot tej nauki (Wszechświat jako całość) sprawiają, że w porównaniu z innymi naukami eksperymentalnymi, kosmologia boryka się z wieloma trudnościami i problemami natury metodologicznej<sup>4</sup>.

Mimo tych trudności metodologicznych kosmologia na początku lat 50-tych posiadała już swoje testy obserwacyjne, dzięki którym mogła określać się jako nauka eksperymentalna.

Modele teoretyczne, jakimi dysponowała kosmologia w połowie obec- nego stulecia, można podzielić na modele nawiązujące do teorii stanu stacjonarnego i modele ewolucyjne. Model stanu stacjonarnego zakładał obraz świata nie zmieniający się w czasie i przestrzeni oraz pozwalał na dokładne przewidywania wyników wielu obserwacji (model ten dopuszczał kreację materii „z niczego” i został zaproponowany przez Bondiego, Golda oraz Hoyle’a w 1948 roku). Modele ewolucyjne nato- miast przyjmowały obraz Wszechświata zmieniającego się w czasie (np. model Lemaitre’a)<sup>5</sup>.

Praktycznie biorąc, sytuacja taka utrzymywała się do drugiej po- łowy lat sześćdziesiątych, kiedy to interpretacja odkrytego przez Wil- sona i Penziasa mikrofalowego promieniowania tła (1965) na gruncie tzw. standardowego (ewolucyjnego) modelu Wszechświata usunęła nie- mal zupełnie w cień teorię stanu stacjonarnego<sup>6</sup>. Niemniej lata 1950—1963, które będą przedmiotem moich zainteresowań w dalszej

<sup>4</sup> Zob. M. Heller, P. Flin, Z. Golda, K. Maślanka, M. Ostrowski, K. Rudnicki, T. Sierotowicz: *Observational Cosmology: From Gauss to Sandage*, Acta Cosmologica, 16 (1989), 87—106; zob. też: M. Heller: *Teoretyczne podstawy kosmologii*, Warszawa 1988, 127—128.

<sup>5</sup> Bliższe informacje o tych modelach podaje np. M. Heller w książce: *Ewolucja kosmosu i kosmologii*, Warszawa 1983.

<sup>6</sup> Zob. R. R. Partridge: *The Primeval Fireball Today*, American Scien- tist, 57 (1969), 37—74.

części rozważań, najlepiej charakteryzują słowa Bondiego: „Główna granica w kosmologii teoretycznej wydaje się przebiegać pomiędzy teorią stanu stacjonarnego a teoriami ewolucyjnymi tak, że rozstrzygnięcie na podstawie obserwacji pomiędzy tymi dwiema teoriami jest bardzo pożądane. Na szczęście istnieje wiele możliwości przeprowadzenia obserwacji tego rodzaju przy istniejącej technice obserwacyjnej”<sup>7</sup>. Mówiąc o technice obserwacyjnej Bondi miał na myśli również radioastronomię, która po roku 1950 dostarczyła nowych możliwości w zakresie testowania modeli kosmologicznych.

Promieniowanie w zakresie radiowym pochodzące z kosmosu zostało odkryte przypadkowo. Stało się to za sprawą K. Jansky’ego, który w 1932 roku badając zakłócenia propagacji fal radiowych na duże odległości za pomocą zbudowanej przez siebie anteny stwierdził, że część zakłóceń pochodzi od źródła pokrywającego się ze środkiem Galaktyki. Odkrycie to pozostało jednak bez echa wśród astronomów. Jedynym, który — do wybuchu II wojny światowej — kontynuował badania Jansky’ego, był G. Reber.

Po II wojnie światowej, która zostawiła po sobie m. in. rozwiniętą technikę radarową, zaczęły powstawać obserwatoria radioastronomiczne, z których największe znajdowały się w Anglii (Cambridge) i w Australii (Sydney).

Rozwój aparatury służącej do obserwacji radioastronomicznych, a zwłaszcza wzrost czułości i zdolności rozdzielczej spowodował, iż na początku lat 50-siątych zaczęto obserwować coraz większą liczbę źródeł o małych rozmiarach kątowych, które to źródła nazwano punktowymi lub dyskretnymi. Obserwacje te pokrywały znaczne obszary nieba i były dokonywane w szerokim zakresie częstotliwości, zwłaszcza od 10 MHz do 50 GHz. Zaczęto również publikować listy tych źródeł, podając zwykle ich współrzędne, obserwowaną powierzchniową gęstość strumienia promieniowania przychodzącego od źródła do obserwatora (jednostką jest tu zwykle  $1 \text{ Jansky} = 10^{-26} \text{ Wm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$ ) a czasem indeks spektralny. Tak sporządzone listy nazywa się katalogami radioźródeł. Największy wkład w sporządzanie tych katalogów w latach 50-siątych i 60-siątych wnieśli radioastronomowie z Cambridge (pracujący pod kierunkiem M. Ryle’a) i z Australii (pracujący pod kierunkiem B. Millsa i J. Boltona).

Pierwszy katalog z Cambridge (oznaczony 1C), został opublikowany przez grupę Ryle’a w 1951 roku. Następne katalogi z Cambridge, oznaczone kolejno: 2C, 3C, 3CR i SRH, ukazały się w latach 1955—1961. Katalogi grupy australijskiej (łącznie ukazały się trzy katalogi tej grupy) oznaczane jako MSH były opublikowane w latach 1958—1961.

Materiał obserwacyjny zawarty w wyżej wymienionych katalogach radioźródeł stał się podstawą do wyciągnięcia wniosków kosmologicznych z obserwacji radioastronomicznych.

Zliczenia radioźródeł czyli wyznaczanie liczby źródeł, których obserwowana gęstość strumienia jest większa od pewnej zadanej wartości, należały do najczęściej dyskutowanych testów kosmologicznych<sup>8</sup>. Przy-

<sup>7</sup> H. Bondi, *Kosmologia*, Warszawa 1965, 217.

<sup>8</sup> M. Ryle: *The Radio Luminosity Function and the Number Versus Flux-Density Relationship for the Discrete Sources*, w: *Problems of Extra-Galactic Research*, red. G. C. Mc Vittie, New York 1961, 326—328.

czyną takiego stanu rzeczy był m. in. fakt, iż w teście tym unika się pewnych niejasności interpretacyjnych i trudności obserwacyjnych, które występowały w innych testach oraz fakt, iż radioźródła stanowiły dobrą próbkę małą liczbę obiektów pozagalaktycznych, którą to próbkę można było przebadac za pomocą tego testu efektywniej, niż np. próbkę galaktyk; w tym ostatnim przypadku trzeba by policzyć wiele milionów galaktyk.

Postęp prac związanych z optycznymi identyfikacjami radioźródeł, jaki miał miejsce na początku lat 60-siętych, doprowadził do odkrycia w 1963 roku kwazarów, radioźródeł o największych — znanych wówczas — przesunięciach widma ku czerwieni a jednocześnie charakteryzujących się wysokimi wartościami strumienia energii, emitowanej przez te obiekty.

Odkrycie kwazarów rozpoczęło etap polemik na temat natury tych obiektów, w trakcie której opinie wahały się od uznania kwazarów za obiekty lokalne (bliskie Galaktyce — tzw. lokalna hipoteza kwazarów), do uznania kwazarów za najodleglejsze z obserwowanych obiektów, które tym samym mają szczególne znaczenie dla kosmologii. Spory te wpływały bezpośrednio na interpretację wszelkich testów modeli kosmologicznych, w których wykorzystywano kwazary.

By móc się przyjrzeć, jak przebiegała konkurencja między teorią stanu stacjonarnego i teoriami ewoluującego Wszechświata, biorąc za przykład testy radioastronomiczne, najwygodniej będzie wybrać test zliczeń radioźródeł, ze względu na jego największe znaczenie w latach 1955—1963<sup>9</sup>.

W celu wykonania tego testu, należy wyznaczyć liczbę  $N(S)$  radioźródeł na jednostkę kąta bryłowego, których obserwowana gęstość strumienia ( $S$ ) na częstotliwości, na której pracuje radioteleskop, przekracza daną gęstość strumienia  $S$ . Zwykle wyniki prezentuje się w skali logarytmicznej, odkładając je na osiach  $\log(N)$  i  $\log(S)$ . Dla jednorodnego i stacjonarnego rozkładu radioźródeł we Wszechświecie euklidesowym (bez uwzględnienia przesunięcia ku czerwieni), wykres zależności  $\log(N)$ — $\log(S)$  winien być linią prostą o nachyleniu  $-1.5$ . Takie są też przewidywania teorii stanu stacjonarnego. Pierwszy test tego typu wykonali Ryle i Scheuer w 1955 roku, wykorzystując do tego celu dane katalogu 2C<sup>10</sup>. Autorzy ci wykorzystali dwie metody badania przestrzennego rozkładu źródeł.

Pierwsza sprowadzała się do procedury opisanej na wstępie do niniejszego rozdziału, tzn. do wykreślenia krzywej  $\log(N)$ — $\log(S)$ . W tym celu podzielił on obszar nieba objęty przez przegląd 2C na siedem podobszarów, w których czułość i zdolność rozdzielcza radioteleskopu

<sup>9</sup> Wybór tych dat został podyktowany przez następujące okoliczności. W roku 1955 test zliczeń został wykonany po raz pierwszy. Rok 1963 przyniósł zaś odkrycie kwazarów, co zaczęło nowy etap dyskusji i polemik. Ponieważ jednak odkrycie tych obiektów nie rozstrzygnęło interesującego mnie przypadku konkurencji modeli kosmologicznych (stało się to w 1965 roku dzięki odkryciu mikrofalowego promieniowania tła), dla prostoty ograniczyłem rozważania do roku 1963.

<sup>10</sup> Dokładniejszy opis relacjonowanego tutaj przypadku konkurencji teorii naukowych wraz z dokładną bibliografią przedmiotu przedstawiłem w artykule: *Counts of Radio Sources as a Cosmological Test (1955—1963)*, *Acta Cosmologica*, w druku.

były w przybliżeniu stałe. Analizę wyników zawężono do pięciu obszarów znajdujących się daleko od równika Galaktyki, dla uniknięcia ewentualnych wpływów radioźródeł należących do Galaktyki oraz wpływu absorpcji powodowanej przez zjonizowaną materię międzygwiazdową. Wynik otrzymany przez Ryle'a i Sheuera odbiegał znacznie od wyniku przewidywanego dla rozkładu jednorodnego i dla słabych radioźródeł dawał nachylenie równe  $-3$ .

Ryle i Scheuer zdawali sobie jednak sprawę z faktu, że przegląd 2C mógł zawierać wiele radioźródeł pozornych (tzw. błąd konfuzji), zwłaszcza dla małych wartości strumienia. Stąd wyniki przeglądu 2C zanalizowali również nieco inną metodą (tzw. metoda Scheuera) analizując rozkład prawdopodobieństwa amplitudy sygnałów zarejestrowanych przez interferometr z przełączaniem fazy. Wyniki otrzymane dzięki tej metodzie potwierdzały uzyskane wcześniej rezultaty.

Wnioski Ryle'a i Scheuera poddali krytyce Mills, Slee i Hill w 1957 i 1958 roku. Stwierdzili oni bardzo słabą zgodność między przeglądami MSH i 2C w obszarze, gdzie one się pokrywały; nadto, wykorzystując wyniki przeglądu MSH, uzyskali krzywą  $\log(N) - \log(S)$  o nachyleniu  $-1.8$ , choć uwzględniając błędy pomiarów nie uznali otrzymanej wartości nachylenia za sprzeczną z przewidywaniami czynnymi dla rozkładu jednorodnego.

W 1960 roku Ryle i Hewish zaproponowali nową metodę obserwacji zwaną syntezą apertury. Dzięki tej metodzie stało się możliwe wykonanie nowego przeglądu (na częstotliwości 178 MHz), który odznaczał się większą zdolnością rozdzielczą, niż wszystkie wykonane dotąd radiowe przeglądy nieba. Rezultaty tego przeglądu opublikowano w 1961 roku razem z całą serią prac interpretujących uzyskane wyniki. Prace te dawały jako nachylenie krzywej  $\log(N) - \log(S)$  wartość  $-1.8$ .

Mając na uwadze opisane wyżej rezultaty testu zliczeń, można powiedzieć, że z początkiem lat 60-siątych wartość nachylenia krzywej  $\log(N) - \log(S)$  równa  $-1.8$  zyskała sobie największe obserwacyjne poparcie (przeglądy SRH i 3CR).

Przedstawione powyżej kontrowersje co do wyniku testu zliczeń, to zaledwie niewielki fragment dyskusji, jaka toczyła się wokół tego tematu. Najważniejszym bowiem zagadnieniem była interpretacja wyników tego testu, które odbiegały od przewidywań opartych na założeniach jednorodnego rozkładu radioźródeł. Interpretacje te można podzielić na dwie grupy:

- interpretacje, które zliczenia radioźródeł traktowały jako argument w sporze między teoriami ewoluującego Wszechświata a teorią stanu stacjonarnego (interpretacje kosmologiczne),
- interpretacje, które zliczenia radioźródeł widziały raczej jako odbicie lokalnych (w porównaniu z rozmiarami Wszechświata) fluktuacji przestrzennej gęstości radioźródeł, nie przypisując tym samym testowi zliczeń znaczenia kosmologicznego (interpretacje lokalne).

W dyskusjach nad interpretacją zliczeń w pierwszej fazie dyskusji dużo uwagi poświęcano zagadnieniom instrumentalnym, co można wytłumaczyć rozbieżnościami między poszczególnymi przeglądami radioźródeł (np. między 2C i MSH). Na początku lat 60-siątych znaczenie tych dyskusji zmalało i różne interpretacje nawiązywały zwykle do tych samych obserwacji (głównie do SRH), przyjmując nawet w

odrębnych interpretacjach tę samą wartość nachylenia krzywej  $\log(N) - \log(S)$ , równą  $-1.8$ . Główne dwa typy interpretacji zliczeń radioźródeł różniły się między sobą zasadniczo przyjmowaną skalę odległości. Pozostawało to w bliskim związku z problemami z optyczną identyfikacją radioźródeł, co uniemożliwiało wyznaczenie ich odległości na podstawie przesunięcia ich widm ku czerwieni. Znajomość odległości radioźródeł mogłaby dostarczyć pewnych argumentów w toczącym się sporze, zwłaszcza w ustaleniu, czy radioźródła należą w większości do Galaktyki, czy też są obiektami pozagalaktycznymi.

Dodatkową trudnością był brak teorii powstawania galaktyk oraz teorii formowania się radioźródeł (wiązało się to m. in. z kontrolersjami co do typowych ilości energii emitowanej przez te obiekty — tzw. problem standardowej świeczki).

Wspomniane wyżej braki obserwacyjne i teoretyczne dawały możliwości różnych interpretacji wyników zliczeń nawet na gruncie tego samego modelu kosmologicznego. Interpretacje te, zachowując zasadnicze idee, np. teorii stanu stacjonarnego, wyjaśniały zliczenia radioźródeł w różny sposób. I tak według Hoyle'a i Narlikara radioźródła były obiektami pozagalaktycznymi, zaś według Sciamy — w większości należącymi do Galaktyki.

Podobnie Hanbury Brown i Davidson, przejmując zbliżone modele kosmologiczne (Einsteina-de Sittera), różnie interpretowali wyniki zliczeń, przy czym Hanbury Brown uważał, iż nie wykluczają one teorii stanu stacjonarnego, podczas gdy Davidson był przeciwnego zdania. Można więc stwierdzić, że w trakcie dyskusji nad interpretacją zliczeń następowało doprecyzowanie i rozwinięcie pewnych aspektów (np. teoria powstawania radioźródeł czy galaktyk) dwóch typów modeli kosmologicznych, bez zmiany wszakże podstawowych dla nich założeń. Często jednak tego typu uzupełnienia przesunęły możliwość rozstrzygnięcia sporu pomiędzy modelami ze zliczeń na inne problemy, np. na badanie izotropii rozkładu radioźródeł na niebie.

### 3. „MYŚL” — ZARYS KONCEPCJI I. LAKATOSA

Centralnym pojęciem metodologicznej „myśli” I. Lakatosa<sup>11</sup> są programy badawcze. Filozof ten zaproponował pewną metodologię, której cechą charakterystyczną jest ujmowanie nauki jako ciągów teorii, powiązanych ze sobą według określonych zasad. Zgodnie z tą koncepcją badanie nauki musi być badaniem takich właśnie ciągów teorii. Ciąg teorii oparty jest na pewnych dyrektywach metodologicznych, które często mają postać hipotez funkcjonujących jako zasady heurystyczne. Owe dyrektywy metodologiczne stanowią tzw. naukowy program badawczy. Każdy program badawczy zawiera pewien stały trzon (*hard core*), wokół którego powstaje pas ochronny (*protective belt*) hipotez pomocniczych i warunków początkowych.

Trzon programu jest czymś stałym i niezmiennym na przestrzeni

<sup>11</sup> Zob. I. Lakatos: *Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes*, w: *Critics and the Growth of Knowledge*, red. I. Lakatos, A. Musgrave, Cambridge 1977 oraz I. Lakatos; *Criticism and the Methodology of Scientific Research Programmes*, *Proceedings of the Aristotelian Society*, 69 (1968), 149—186.

całego okresu funkcjonowania danego programu. Program badawczy posiada tzw. heurystykę negatywną, która sprawia, iż do trzonu programu naukowcom nie wolno stosować *modus tollens* (nie podlega on falsyfikacji). Heurystyka pozytywna zaś zawiera pewne wskazówki i sugestie dotyczące tego, jak rozbudowywać pas hipotez ochronnych, tylko one bowiem podlegają bezpośredniej konfrontacji z doświadczeniem i są tak konstruowane, by chronić trzon programu przed falsyfikacją. Heurystyka pozytywna jest zwykle bardziej płynna i mniej uchwytana, niż heurystyka negatywna, nadto może ona ulegać modyfikacjom w trakcie rozwoju programu.

Tak rozumiana heurystyka pozytywna „chroni naukowca przed utonięciem w morzu anomalii”, jak ujmuje to Lakatos. Nadto heurystyka pozytywna ustala procedurę dającą możliwość konstrukcji łańcucha „coraz bardziej złożonych modeli oddających rzeczywistość”. Seria takich modeli danego programu badawczego różni się jedynie zmianami w pasie ochronnym, bowiem trzon programu jest niezmienny.

Weźmy pod uwagę pewien ciąg teorii  $T_1, T_2, \dots, T_n$ , w którym każda kolejna teoria powstała w wyniku pewnych zmian w pasie ochronnym teorii poprzedniej (np. nowe warunki początkowe, nowa semantyczna interpretacja), które to zmiany są wynikiem niezgodności z doświadczeniem teorii poprzedzającej. Oczywiście każda kolejna teoria ma (przynajmniej) tę samą zawartość empiryczną, co poprzednia. Ciąg teorii, w którym każda następna teoria przewiduje nowe fakty nie wynikające z poprzedniej, Lakatos nazywa ciągiem teoretycznie postępowym. Jeżeli niektóre z tych nowych konsekwencji znalazły potwierdzenie obserwacyjne, to ciąg jest wówczas empirycznie postępowy. Ciąg nie spełniający tych warunków jest ciągiem degenerującym się.

W tym ujęciu mówimy, że teoria  $T_2$  falsyfikuje teorię  $T_1$ , gdy są spełnione następujące trzy warunki:

- $T_2$  ma większą zawartość empiryczną, niż  $T_1$  (przewiduje nowe fakty),
- $T_2$  tłumaczy wszystkie sukcesy  $T_1$  (zawiera całą niesfalsyfikowaną część  $T_1$ ),
- przynajmniej część nowych konsekwencji  $T_2$  została empirycznie potwierdzona.

Obie teorie muszą więc należeć do ciągu przynajmniej teoretycznie postępowego, nadto falsyfikator danej teorii jest zarazem potwierdzeniem następnej. Wedle Lakatosa nie ma falsyfikacji danej teorii bez opracowania nowej. Strategia rozwoju nauki jest w tym ujęciu „współzawodnictwem teorii, którego arbitrem jest doświadczenie”.

To, co napisałem wyżej, dotyczy falsyfikacji teorii w ramach jednego programu badawczego. Przyjrzeć się teraz wypada konkurencji dwóch programów badawczych. Dla Lakatosa bowiem historia nauki była i być powinna historią konkurujących programów badawczych. Czy istnieje jakaś obiektywna podstawa do odrzucenia trzonu jakiegoś programu badawczego wraz z jego heurystyką pozytywną? Ogólna odpowiedź Lakatosa jest twierdząca. Podstawa taka istnieje a dostarcza jej nowy program badawczy, który wyjaśnia sukcesy poprzedniego programu, ale jednocześnie przewyższa go „mocą” heurystyczną (terminem tym Lakatos określa zdolność programu badawczego do przewidywania teoretycznie nowych faktów w trakcie rozwoju tego programu). Kryterium mocy heurystycznej programu zależy od tego, jak ujmuje się „nowość” faktów przewidywanych przez program, albowiem



„nowość” niektórych faktów jest widoczna dopiero po pewnym czasie.

Nie powinno się zatem zbyt szybko porzucać nowych programów badawczych, nawet jeśli nie zdołały one „pokonać” już istniejących. Tak długo bowiem, jak długo program taki daje postępowy ciąg teorii, winien być podtrzymywany i rozwijany mimo istnienia innego programu badawczego.

Powyższe konstatacje, prowadzące do pewnej tolerancji metodologicznej, nie rozwiązują jednak problemu konkurencji i eliminacji programów badawczych. Nie czynią tego nawet eksperymenty krzyżowe. W przypadku różnych wersji tego samego programu, eksperyment krzyżowy (w terminologii Lakatosa: mały eksperyment krzyżowy) jest możliwy i często występuje. Odpowiada on sytuacji, kiedy teoria  $T_2$  falsyfikuje (w wyjaśnionym wyżej sensie) teorię  $T_1$ , przy czym obie te teorie należą do tego samego programu badawczego. W przypadku konkurencji programów badawczych Lakatos mówi o dużych eksperymentach krzyżowych. W ujęciu Lakatosa eksperymentów takich nie da się z góry przewidzieć, bowiem „eksperymenty krzyżowe są uznawane za takie dopiero z perspektywy lat”<sup>12</sup>.

Krytyka programu badawczego jest procesem długotrwałym i, przeciwnie do stanowiska Poppera, Lakatos uważał, że naukowiec racjonalnie może podtrzymywać teorię nawet w obliczu istniejących, przeczących jej eksperymentów, twierdząc, iż przyszły postęp teorii usunie te rozbieżności.

#### 4. ANALIZA

Analiza przedstawiona w części historycznej prowadzi do wniosku, że eksperyment (wyniki zliczeń radiozródeł) nie doprowadził do konkluzyjnego rozstrzygnięcia między konkurującymi modelami kosmologicznymi. Charakterystyczną cechą „faktu” opisanego w części historycznej jest występowanie dwóch różnych typów modeli kosmologicznych, które zaczynają „wytwarzać” dwa ciągi teorii, zaś owo „wytwarzanie” kolejnych wersji wyjściowych modeli jest ukierunkowane na wspomniane już wyjaśnienie wyników zliczeń w ramach danego typu teorii.

Dla usystematyzowania tego, co napisałem wyżej, można wprowadzić dwa typy konkurencji teorii naukowych. Pomocą do zdefiniowania tych typów konkurencji będzie wyróżnienie teorii, które powstają drogą kolejnych przekształceń, tworząc pewien ciąg teorii opartych na tych samych, wspólnych założeniach (teorie typu  $t_c$ ) i teorii, które wyznaczają początek takich ciągów (teorie typu  $t_p$ ). Można teraz wyróżnić:

- konkurencję teorii  $t_p$  (konkurencja dwóch ciągów teorii),
- konkurencję teorii  $t_c$  (w ciągu teorii wyznaczonym przez teorię  $t_p$ ).

Sytuacja opisana w części historycznej dotyczy konkurencji pierwszego i drugiego typu. Mamy tu bowiem konkurencję dwóch różnych typów modeli kosmologicznych (pierwszy typ konkurencji) i konkurencję (w danym ciągu teorii) różnych wersji tego samego modelu. Konkurencja pierwszego typu została nierozstrzygnięta, natomiast kon-

<sup>12</sup> I. Lakatos: *Falsification and the Methodology...*, 158.

kurencja drugiego typu przynosiła rozstrzygnięcia w sensie odrzucenia jednej modyfikacji teorii wyjściowej a przyjęcia innej, czego przykładem są np. modyfikacje teorii stanu stacjonarnego dokonane przez Hoyle'a i Narlikara w roku 1961.

Wersja ta w porównaniu z wersją wyjściową ma ten sam zbiór założeń podstawowych (ciągła kreacja materii, doskonała zasada kosmologiczna itp.), ale wersja Hoyle'a i Narlikara z 1961 roku jest wersją bogatszą o teorię formowania się galaktyk i radioźródeł. Innym przykładem są prace grupy Ryle'a, do których z biegiem czasu wprowadzono analizy radiowej funkcji światłości oraz zrezygnowano z interpretacji fenomenu radioźródeł jako zderzających się galaktyk na rzecz innych modeli.

Mając na uwadze konkurencję drugiego typu można więc stwierdzić, iż w omawianym przypadku następowały rozstrzygnięcia konkluzywne, ale dotyczące pewnych tylko aspektów teorii wyjściowych, przy czym pewna wersja teorii wyjściowej była konfrontowana z obserwacjami.

Przedstawione wyżej konkluzje zdają się sugerować, iż opisany w części historycznej „fakt” można zrekonstruować w ramach metodologii programów badawczych I. Lakatosa. Konkurujące typy modeli kosmologicznych można bowiem zinterpretować jako odrębne programy badawcze. Owe programy badawcze różni sposób podejścia do opisu Wszechświata jako całości, jak i odniesienie do fizyki uprawianej w warunkach lokalnych (ziemskich). Nadto program badawczy oparty na teorii stanu stacjonarnego jest specyficznym typem programu badawczego, zawierającego pewne niekonsekwencje w swoich podstawowych założeniach. Wspomniany już sposób interpretacji wyników zliczeń w ramach dwóch różnych typów teorii można ujmować jako zmiany zachodzące w pasie ochronnym obu tych programów, dające ciągi teorii postępowych teoretycznie i empirycznie (oba programy badawcze rozwijały pewne poglądy co do natury radioźródeł i ewolucji galaktyk oraz przewidywały odchylenia od izotropii w rozkładzie radioźródeł na niebie). Na gruncie koncepcji Lakatosa znajduje też wyjaśnienie żywotność modelu kosmologicznego opartego na teorii stanu stacjonarnego, mimo przeczących mu wyników zliczeń. Warto tu może zwrócić uwagę na jeden jeszcze aspekt.

Mianowicie teoria stanu stacjonarnego nie jest czymś jakościowo nowym w fizyce. Nawiązuje ona bowiem poprzez zasadę Macha do sięgających co najmniej czasów Leibniza prób związania lokalnej fizyki z całym Wszechświatem. Potwierdzają się tutaj uwagi Lakatosa, który twierdził, iż może nastąpić coś w rodzaju twórczego impulsu, zmieniającego zdegenerowany program badawczy w postępowy.

Bondi w swej klasycznej książce traktującej o kosmologii<sup>18</sup> wymienił kilka eksperymentów, które potencjalnie mogły stać się eksperymentami krzyżowymi w toczącym się wówczas sporze między różnymi typami modeli kosmologicznych. Wydaje się, że nawiązując do dotychczasowych rozważań, można wyróżnić dwa etapy tego sporu. Cezurą dzielącą te dwa etapy jest pierwsze wykonanie jednego z potencjalnych eksperymentów krzyżowych.

Przed wykonaniem takiego eksperymentu dyskusja między różnymi teoriami nie ma na ogół charakteru konkluzywnego i odbiega nieco

<sup>18</sup> H. Bondi, *dz. cyt.*, 217—221.

od schematu opisanego przez Lakatosa. Jej przedmiotem są ogólne założenia teorii (w tym i filozoficzne), jej zdolność do przewidywania nowych faktów, wyjaśnianie znanych zjawisk itp. Na tym etapie wybór między teoriami bliższy jest koncepcji Kuhna.

Wykonanie eksperymentu potencjalnie krzyżowego zmienia jednak charakter dyskusji, bowiem jego wynik (w przypadku niezgodności z przewidywaniami teorii) zmusza do podjęcia prób dokonania koniecznych zmian w pasie ochronnym teorii tak, aby zachować niezmiennie jądro teorii i wyjaśnić wynik eksperymentu.

Eksperyment uruchamia więc procedurę opisaną przez Lakatosa. Kiedy jednak konkurujące teorie (po pewnych zmianach w swoich pasach ochronnych) są w stanie wyjaśnić wyniki eksperymentu potencjalnie krzyżowego, konkurencja teorii może powrócić do pierwszego etapu, aż do wykonania nowego eksperymentu potencjalnie krzyżowego. Tak więc można by wyróżnić dwa etapy konkurencji teorii naukowych (programów badawczych):

- przed wykonaniem eksperymentu potencjalnie krzyżowego (etap raczej niekonkluzywny, mający wiele cech „kuhnowskiego” ujęcia rywalizacji paradygmatów, oczywiście otwarte pozostaje pytanie, jaką postać ma wtedy kryterium demarkacji),
- po wykonaniu eksperymentu potencjalnie krzyżowego (etap mogący prowadzić do konkluzywnego rozstrzygnięcia konkurencji, opisany przez metodologię programów badawczych Lakatosa).

Pierwszy etap odpowiada okresowi formowania się nowego programu badawczego w takiej czy innej sytuacji problemowej. Drugi etap zaś to okres, kiedy teoretyczna i techniczna strona związana z danym eksperymentem staje się akceptowaną przez rywalizujące teorie wiedzą towarzyszącą i podejmowane są próby wyjaśnienia wyniku tego eksperymentu, co jednocześnie powoduje doprecyzowanie danego programu badawczego. Przed wykonaniem eksperymentu na pierwszym etapie konkurencji nie zawsze wiadomo, jakie typy eksperymentów będą możliwe (rozwój techniki badawczej nie zawsze da się przewidzieć, nadto istnieje możliwość odkryć przypadkowych) oraz jakie będą możliwości danego programu w zakresie wyjaśnienia (poprzez pewne zmiany w pasie ochronnym programu) wyniku eksperymentu (zależy to od typu eksperymentu, od kreatywności zwolenników programu, od założeń stanowiących jądro programu itp.).

Wszystko to zdaje się wskazywać na to, że najistotniejszym jest drugi etap konkurencji, który może doprowadzić do eliminacji jednego z konkurujących programów badawczych.

Przedstawione wyżej uwagi wykraczają nieco poza materiał historyczny przedstawiony w niniejszej pracy i są raczej próbą racjonalnej rekonstrukcji rywalizacji teorii naukowych, próbą wymagającą dalszych badań.

Metodolodzy nauki w swoich analizach często odwołują się do przykładów pochodzących z zakresu fizyki czy chemii, natomiast rzadziej sięgają po przykłady z kosmologii. Jest rzeczą oczywistą, iż wiele cech różni teorie fizyczne od kosmologicznych, jak choćby to, że Wszechświat, który jest przedmiotem badań kosmologii, jest tylko jeden. Stąd rodzi się pytanie, czy reguły wyboru i zasady konkurencji między teoriami kosmologicznymi są takie same, jak dla teorii fizycznych.

Omawiając metodologiczne aspekty kosmologii, J. Zyciński<sup>14</sup> podkreśla rolę braku potwierdzenia (*disconfirmation*) teorii kosmologicznej jako swoistego kryterium demarkacji oddziałającego naukowe teorie kosmologiczne od *quasi*-kosmologicznych spekulacji (różnica między falsyfikacjonizmem a brakiem potwierdzenia jest analogiczna do różnicy między weryfikacją a potwierdzeniem), przy czym brak potwierdzenia teorii jest rozumiany jako test negatywny dla danej teorii, który jednak nie ma definitywnego charakteru a przyczynia się tylko do częściowego „osiabienia” teorii (dobrym przykładem owego *disconfirmation* są właśnie wyniki zliczeń radiozródeł w stosunku do teorii stanu stacjonarnego). Szczególna rola braku potwierdzenia w metodologicznych analizach teorii kosmologicznych jest, zdaniem Zycińskiego, konsekwencją charakteru samej kosmologii.

A. Pacholczyk<sup>15</sup>, podejmując zagadnienie metodologicznego statusu kosmologii, argumentuje na rzecz stanowiska, wedle którego rozwój kosmologii odbywa się nie poprzez zastępowanie mniej ogólnych teorii przez bardziej ogólne (kiedy to te mniej ogólne stanowią pewien szczególny przypadek ogólniejszych teorii), ale drogą rewolucyjnych, wręcz katastroficznych przemian, w których nowa teoria całkowicie usuwa poprzednią.

Te i inne problemy stanowią przedmiot tak zwanej filozofii kosmologii i — zdaniem G. F. R. Ellisa<sup>16</sup> — nie posiadają jeszcze zadowalających rozwiązań. Wydaje się, że studium historii kosmologii połączone z metodologiczną analizą tej nauki może być niezwykle przydatne w dalszym rozwoju filozofii kosmologii.

## BETWEEN THE STATIONARY AND THE EVOLUTIONARY PICTURE OF THE UNIVERSE

### Summary

The Paper reviews the controversy between the steady-state cosmology and the evolutionary models of the Universe in years 1955—1963. A methodological reconstruction of this dispute of the cosmological models in the framework of the I. Lakatos' conception of the scientific research programs is proposed.

<sup>14</sup> J. Zyciński: *Falsification and Disconfirmation in Cosmology*, *The Philosophy in Science*, 2 (1988), 53—60.

<sup>15</sup> A. Pacholczyk: *The Catastrophic Universe*, Tucson 1984.

<sup>16</sup> G. F. R. Ellis: *Observational Cosmology after Kristian and Sachs*, w: *Theory and Observational Limits in Cosmology*, red. W. R. Stoeger, S.J., Citta del Vaticano 1987, 68—69.