

Antoni Klein

Finał sporu o istnienie galaktyk

Studia Philosophiae Christianae 17/2, 207-219

1981

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, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Z ZAGADNIENÍ FILOZOFII PRZYRODY

ANTONI KLEIN T. CH.

FINAL SPORU O ISTNIENIE GALAKTYK

1. Wstęp. 2. Z dziejów sporu. 3. Argumenty obserwacyjne. 4. Polemika H. D. Curtis — H. Shapley. 5. Odległości do galaktyk. 6. Zakończenie.

1. WSTĘP

Od prawie dwudziestu lat astronomowie nie potrafią rozwiązać zagadki kwazarów. Istnieje szereg faktów obserwacyjnych. Jednak dotychczas nie ma jednolitej teorii. Największą trudność stanowi interpretacja przesunięć widm kwazarów. Jedni astronomowie opowiadają się za „lokalną” interpretacją (małe odległości), inni za „kosmologiczną” (wielkie odległości). Pierwsza interpretacja nie potrafi znaleźć wytłumaczenia dla dużych przesunięć widm kwazarów ku czerwieni, a druga — „kosmologiczna” — nie umie wyjaśnić nadzwyczaj wielkiej mocy promieniowania kwazarów.

Astronomia wieku XIX przekazała naszemu stuleciu podobną zagadkę. Nie potrafiono wyjaśnić, czym są tzw. mgławice spiralne. Astronomowie podzielili się na dwa obozy. Jedni opowiadali się za małymi odległościami, drudzy za dużymi, uważając mgławice spiralne za osobne układy gwiazd. Zagadka kwazarów czeka na swe rozwiązanie, problem mgławic spiralnych został rozwiązany w latach dwudziestych naszego stulecia.

W artykule zostanie przedstawiona w krótkim zarysie historia sporu o istnienie i odległości galaktyk oraz rola, jaką odegrał E. Hubble w zakończeniu tego sporu. Hubble znany jest głównie z odkrycia praw liniowej zależności między przesunięciami widm galaktyk a ich odległościami.

Mniej znane są u nas inne jego osiągnięcia w badaniu Wszechświata. W. Zonn omawiając spór o istnienie galaktyk nawet nie wspominał o Hubble’u.¹ Może więc warto przypomnieć rolę Hubble’a, jaką odegrał w tym ważnym i decydującym momencie rozwoju poglądów na budowę Wszechświata.

2. Z DZIEJÓW SPORU

Od czasów starożytnych obserwowano na niebie „mgliste” miejsca, platy, które potem nazwano mgławicami. W roku 1609 Galileusz po raz pierwszy skierował swój teleskop w niebo i stwierdził, że Droga Mleczna składa się z niezliczonej ilości gwiazd. Zauważył też, że

¹ W. Zonn, *Astronomia z perspektywy czasu*, Warszawa 1974, 197 i n.

„gwiazdy dotychczas przez astronomów zwane «zamglonymi» są grupami małych, zgromadzonych razem, gwiazd”².

E. Halley proponował inne wytłumaczenie. Píše, że „cudowne są pewne świecące miejsca lub płyty, które można zobaczyć jedynie przez teleskop, a dla nieuzbrojonego oka wydają się podobne do małych stałych gwiazd; lecz w rzeczywistości nie są niczym innym, jak tylko światłem przychodzącym z bardzo dalekiej przestrzeni w eterze”³. Inni wprost uważali, że mgławice są otworami na niebie, przez które możemy dostrzec „Regiony Światła” leżące poza stałymi gwiazdami⁴.

W roku 1750 Thomas Wright⁵ wyobrażał sobie układ gwiazd Drogi Mlecznej na wzór pierścieni, łusek, czy muszli, a Wszechświat — „widzialne Stworzenie” (*visible Creation*) — składa się z nieskończonej ilości gęsto ułożonych takich pierścieni — galaktyk. T. Wright przedstawił swe poglądy w formie dość poetycko-mistycznej. Sam był przekonany, że jego wyjaśnienie układu Drogi Mlecznej dało „naukową” podbudowę do jego mistycznej wizji wszechświata⁶. W pięć lat później Immanuel Kant⁷ dał zadziwiająco trafne wytłumaczenie mgławic. Uważał je za odległe zbiory gwiazd, „wyspy gwiazd” podobne do naszej Drogi Mlecznej. Dzięki prawu grawitacji taki układ jest w ruchu, ulega wciągnięciu, a oglądany z wielkiej odległości może dać obraz okrągły lub eliptyczny w zależności od kąta patrzenia obserwatora. Tak powstała teoria potem nazwana teorią „wszechświatów — wysp”.

Od drugiej połowy XVIII wieku zaczynał się rozwój astronomii obserwacyjnej⁸. W. Herschel badał wybrane rejony nieba metodą — jak sam ją nazywał — „zaczepnięć”. W roku 1784 podał przybliżony kształt naszej Galaktyki ze Słońcem w centrum. Równocześnie skatalogował i sklasyfikował mgławice i gromady gwiazd o wyglądzie mgławicowym. Powiększył katalog Messiera do tysiąca, a potem do

² G. Galileusz, *Siderius Nuncius*, Venice 1610. Tłum. ang. E. S. Carlos, Dawsons, London, w: Colin A. Ronan, *Illustrated Sources in History Astronomy*, New York 1973, 70.

³ E. Halley, „Philosophical Transactions of the Royal Society”, 29 (1714—1716) 390, w: Colin A. Ronan, *Illustrated Sources ...*, 71—72.

⁴ Colin A. Ronan, *Illustrated Sources ...*, 72.

⁵ T. Wright, *An Original Theory or New Hypothesis of the Universe*, 1750. A facsimile reprint with the first publication of *A Theory of the Universe*, 1734, London 1971.

⁶ S. L. Jaki, *The Milky Way. An Elusive Road for Science*, Newton Abbot 1973, 191. W książce tej znajdujemy szczegółowo omówiony rozwój poglądów na temat budowy Drogi Mlecznej i natury mgławic od czasów starożytnych po współczesne; por. też P. Rybka, *Rozwój poglądów na budowę Galaktyki*, „Urania”, 48 (1977) 335—364.

⁷ I. Kant, *Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels*, Königsberg und Leipzig 1755. Wyjątki w tłum. ang. w: *Theories of the Universe from Babylonian Myth to Modern Science*, ed. by Milton K. Muntz, New York 1957, 231—249; por. też E. Hubble, *The Realm of the Nebulae*, Yale 1936, 23—24.

⁸ Popularny przegląd odkryć astronomicznych patrz np.: I. Asimow, *The Universe. From Flat Earth to Quasar*, New York 1971; Z. Horský, M. Plavec, *Człowiek poznaje Wszechświat*, Warszawa 1966; Z. Kopal, *Widening Horizons. Man's Quest to Understand the Structure of the Universe*, London 1970.

dwu i pół tysiąca mgławic. Wiele obiektów, dotychczas uznawanych za mgławice, w wielkim teleskopie Herschela okazało się gromadami gwiazd. W tym czasie Herschel był przekonany o słuszności teorii „wszechświatów — wysp”. Sam się wyraził, że „odkrył 1.500 nowych wszechświatów” i sądził, że z czasem wszystkie mgławice da się rozłożyć na gwiazdy⁹.

Jednak pod wpływem dalszych badań porzucił ten pogląd. Zauważył, że niektóre mgławice są podobne do „świecącej cieczy (*shining fluid*) o całkowicie nieznannej naturze” oraz że inne mgławice, nie dające się rozłożyć, można obserwować tylko z dala od płaszczyzny Drogi Mlecznej. Jest godne uwagi to, że Herschel nie wyciągnął ostatecznych wniosków ze swych obserwacji i wydaje się, że do końca życia uważał, iż niektóre mgławice i gromady gwiazd są zewnętrznymi „wszechświatami”, chociaż wiele z nich należy do naszej Galaktyki¹⁰.

Wiek XIX przyniósł zasadniczy postęp w obserwacjach astronomicznych, a hipoteza „wszechświatów-wysp” cieszyła się zmiennym powodzeniem. W roku 1845 Wiliam Parsons (Rosse) zbudował bardzo wielki, jak na owe czasy, teleskop (180 cm średnica lustra). Otóż w tym teleskopie wiele obiektów mgławicowych okazało się skupiskami gwiazd a wśród nich nawet te obiekty, które Herschel zaliczał do grupy „świecącego fluidu”. Znowu odżył problem, czy wszystkie mgławice da się rozłożyć na gwiazdy¹¹. Sam Parsons nie zajął w tej sprawie stanowiska, pozostawiając tę kwestię otwartą do czasu budowy większych teleskopów. Sam zajął się odkrytą przez siebie spiralną strukturą niektórych mgławic¹². Spiralny kształt mgławic budził zainteresowanie, ale błędnie uznano to za potwierdzenie kosmogonicznej hipotezy Kanta—Laplace’a powstania układu słonecznego. Dopiero później doceniono wagę odkrycia Parsonsa.

W połowie XIX wieku astronomowie uzyskali nowe, potężne narzędzie badawcze — spektroskopię. William Huggins zastosował spektroskopię do badania mgławic. W 1864 roku zauważył, że mgławice dają widmo emisyjne, co niezbicie wskazywało, że składają się one ze świecącego gazu. „Zagadka mgławic została rozwiązana — pisał Huggins. Odpowiedź dało nam samo światło: mgławice nie są zbiorem gwiazd, lecz świecącym gazem”¹³.

Wydawało się, że hipoteza „wszechświatów—wysp” zostanie całkowicie porzucona. Lecz w niedługim czasie sam Huggins doszedł do przekonania, że istnieją też mgławice, które dają widmo ciągłe, podobne do

⁹ A. Berry, *A Short History of Astronomy. From earliest times through the nineteenth century*, New York 1961, 338. Pierwsze wydanie w roku 1898.

¹⁰ Tamże, 338—340; por. W. Zonn, *Astronomia...*, 179—202; J. D. North, *The Measure of the Universe. A History of Modern Cosmology*, Oxford 1965, 3—5. Tu też znajduje się krótki przegląd poglądów na naturę mgławic w XIX i XX wieku, 3—15; por. też J. D. Fernie, *The Historical Quest for the Nature of the Spiral Nebulae*, „Publ. Astron. Soc. Pac.”, 82 (1970) 1189—1230.

¹¹ Na temat dyskusji, jaką wywołały wyniki Parsonsa — patrz: S. L. Jaki, dz. cyt., 261—266.

¹² W. Parsons, „Philosophical Transactions of the Royal Society”, 151 (1861) 681, w: Colin A. Roman, *Illustrated Sources...*, 75—77.

¹³ W. Huggins, „Publications of Sir William Huggins's Observatory”, 1 (1899) 11, w: Colin A. Roman, *Illustrated Sources...*, 78.

widma gwiazd i Słońca. Nazwał je „białymi” mgławicami, a pierwsze „zielonymi” — od silnego zielonego pasma w widmie.¹⁴ Po badaniach Hugginsa stało się jasnym, że nie „rozkładające się” mgławice trzeba podzielić na dwie klasy. Jedne — złożone z pyłu i gazu, dające jasne linie widmowe, o kształtach nieregularnych, występujące głównie w Drodze Mlecznej i stąd nazwane mgławicami galaktycznymi. Drugie — o kształtach symetrycznych, głównie eliptyczne, niektóre o zarysowujących się ramionach spiralnych, dające widmo ciągłe i grupujące się z dala od Drogi Mlecznej, z tego powodu nazwane potem mgławicami pozagalaktycznymi¹⁵.

Niektórzy z astronomów spodziewali się, że te ostatnie mgławice mogą być potwierdzeniem hipotezy „wszechświatów—wysp”, choć problem był daleki od rozwiązania i wielu astronomów pod koniec XIX w. sądziło, że Droga Mleczna stanowi cały Wszechświat¹⁶. Ostatnie lata ubiegłego stulecia przyniosły zastosowanie fotografii do badania gwiazd i mgławic (I. Roberts w 1888 r. uzyskał kliszę mgławicy Andromedy z wyraźną strukturą spiralną, zwiększyła się ilość znanych mgławic, przybyło nowych danych obserwacyjnych, lecz często popełniano błędy w ich interpretacji. Hubble, charakteryzując rozwój badania przestrzeni, wydzielił w nim trzy okresy: pierwszy dotyczył planet, drugi — gwiazd, a teraz został otwarty trzeci rozdział — badanie sięga poza gwiazdy do „świata mgławic”¹⁷.

3. ARGUMENTY OBSERWACYJNE

Jak przedstawiała się sytuacja na początku naszego stulecia? J. Scheiner w 1899 r. stwierdził, że widmo mgławicy M 31 jest podobne do widma słonecznego (co potwierdziło teorię „wszechświatów—wysp”). Potem przyszła seria obserwacji, które zdecydowanie przeczyły tej teorii¹⁸.

W roku 1907 K. Bohlin zmierzył paralaksę mgławicy GC 4373 i otrzymał wynik 0",17, co daje odległość mniejszą niż 20 lat świetlnych. Dopiero później okazało się, że wielkość ta była wynikiem nałożenia się systematycznych błędów. G. W. Ritchey w 1910 r., wbrew wcześniejszym sugestiom I. Roberta, zinterpretował „granulacje” w ramionach spiral jako „rozmyte gwiazdopodobne kondensacje” i nazwał je „gwia-

¹⁴ J. D. North, dz. cyt., 8.

¹⁵ E. Hubble, *The Realm...*, 26—27; E. Rybka, *Astronomia ogólna*, Warszawa 1976, 518.

¹⁶ G. de Vaucouleurs, *Discovery of the Universe. An Outline of the History of Astronomy from the Origins to 1956*; London 1957, 175; por. też A. M. Clerke, *A Popular History of Astronomy during the Nineteenth Century*, Edingurbh, New York 1885; — *The System of Stars*, London 1890.

¹⁷ E. Hubble, *The Observational Approach to Cosmology*, Oxford 1937, 5.

¹⁸ Krótkie zestawienie faktów obserwacyjnych na podstawie: O. Struve i V. Zebergs, *Astronomia XX wieku*, Warszawa 1967, 524 i n. oraz E. Hubble, *The Realm...*, 83—101. Dużo mniej znanych faktów z tego okresu można znaleźć w książce: R. Berendzen, R. Hart, D. Seeley, *Man Discovers the Galaxies*, New York 1976.

zdami mgławicowymi". Ta interpretacja — jak wspomina Hubble — wydatnie opóźniła badanie gwiazd w spiralach mgławic¹⁹.

F. W. Very w 1911 r. porównał jasność gwiazdy S. Andromedy (z r. 1885) z jasnością gwiazdy Nowej Perseusza i oszacował odległość mgławicy Andromedy na 1.600 lat świetlnych. Nie znano jeszcze wówczas gwiazd supernowych a taką właśnie okazała się gwiazda S Andromedy. W dwa lata później V. M. Slipher obserwuje widmo mgławicy w Plejadach stwierdził, że widmo to jest wierną kopią widma gwiazd w Plejadach i zapewne pochodzi od światła gwiazd odbitego przez mgławicę. To nasunęło myśl, że i inne gwiazdopodobne widma mgławic mogą być tego samego pochodzenia.

Silnym argumentem za małymi odległościami mgławic spiralnych były wyniki van Maanena. W 1916 r. stwierdził on rotację mgławicy M 101, a potem następnych mgławic. Rząd wielkości rotacji był taki, że trzeba było przyjąć mniejsze odległości mgławic — co dawało mniejsze rozmiary mgławic. Inaczej prędkość liniowa odleglejszych od środka punktów spiral dawała wielkości porównywalne z prędkością światła, co uważano za niemożliwe²⁰. Przez długi czas rotacja mgławic spiralnych była często wpomnianym argumentem przeciw teorii „wszechświatów—wysp”. Dopiero w 1935 roku Hubble wykazał, że wyniki otrzymane przez van Maanena były błędne²¹.

Ważną i w pewnej mierze przełomową datą w historii sporu jest rok 1917.²² Wtedy to G. W. Ritchey odkrył gwiazdę nową w mgławicy NGC 6946²³. To odkrycie wywołało wielkie zainteresowanie. Zaczęto przeglądać nagromadzone materiały i odkryto następne gwiazdy nowe. W dwa miesiące po odkryciu Ritchey'a znano już 11 gwiazd nowych w mgławicach. H. D. Curtis słusznie przewidywał, że gwiazdy te mogą mieć ważny wpływ na uznanie teorii „wszechświatów—wysp”²⁴.

4. POLEMIKA CURTIS — SHAPLEY

Wkrótce astronomowie podzielili się na dwa obozy. Czy gwiazdy nowe w mgławicach potwierdzają, czy też nie potwierdzają teorii „wszechświatów—wysp”? Przedstawicielem jednej grupy był wspomniany Curtis z Obserwatorium Licka, a drugiej — H. Shapley z Obserwatorium Mount Wilson²⁵. Wywiązała się między nimi dyskusja na la-

¹⁹ E. Hubble, *The Realm...*, 90.

²⁰ Tamże, 97.

²¹ E. Hubble, *Angular Rotations of Spiral Nebulae*, „*Astrophys. J.*”, 81 (1935) 334—335; A. van Maanen, *Internal Motions in Spiral Nebulae*, „*Astrophys. J.*”, 81 (1935) 336—337. Szerzej na ten temat: R. Berendzen, R. Hart, D. Seeley, dz. cyt., 108 i n.

²² E. Hubble wymienia trzy ważne daty: 1912 — pierwszy pomiar prędkości radialnej mgławicy; 1917 — fotograficzne wykrycie gwiazd nowych oraz 1924 — wykrycie cefeid w mgławicach spiralnych. Drugą datę Hubble uważał za najważniejszą, gdyż wówczas zainicjowano badania gwiazd w mgławicach, co doprowadziło do zakończenia sporu o naturę mgławic — E. Hubble, *The Realm ...*, 84.

²³ O. Struve i V. Zebergs, dz. cyt., 406.

²⁴ H. D. Curtis, *New Stars in Spiral Nebulae*, „*Publ. Astron. Soc. Pac.*”, 29 (1917) 182.

²⁵ R. Berendzen, R. Hart, D. Seeley, dz. cyt., 35 i n.

mach czasopisma „Publications of the Astronomical Society of the Pacific” w latach 1917—1921. Dyskusja ta może stanowić — jak wspomina Sandage — przykład do psychologicznego studium.²⁶

Curtis zakładał, że gwiazdy nowe odkryte w mgławicach odpowiadają co do jasności najjaśniejszym gwiazdom nowym w naszej Galaktyce. Różnicę jasności przyjął na 10 wielkości, a odległości jak jeden do stu, co oznaczało, że mgławice spiralne znajdują się poza Drogą Mleczną.²⁷

Shapley natomiast zwracał uwagę na niepewność danych, gdy chodzi o jasności gwiazd nowych w mgławicach i przyjmował różnicę odległości jak jeden do pięćdziesięciu. Uważał on, że mgławice spiralne nie tylko są obiektami bliskimi, ale w ogóle nie są układami gwiazdowymi, bo nie można w nich dostrzec gwiazd. Shapley powoływał się też na nowe pomiary (van Maanena) prędkości rotacji mgławic, które przy założeniu większych odległości dawałyby prędkości światła. Wspomina, że „nie jesteśmy przygotowani, by przyjąć prędkości rotacji rzędu prędkości światła”²⁸.

Starania Shapley'a²⁹ szły w dwu kierunkach. Chciał wykazać, że Droga Mleczna jest tak wielkich rozmiarów, iż obejmuje wszystkie znane obiekty oraz że mgławice spiralne nie są oddzielnymi galaktykami.

Ważną sprawą było określenie odległości gromad kulistych, głównych tworów gwiazdnych w Galaktyce. Shapley posługiwał się metodą gwiazd nowych, jasnych gwiazd typu — B oraz cefeidami. Ta ostatnia metoda pozwoliła określić, że najdalsze gromady kuliste są odległe ponad 200.000 lat świetlnych. Stąd Shapley wyciąga wniosek, że „wszystkie znane gwiazdne obiekty stają się częścią jednej ogromnej jednostki”³⁰. Do tej jednostki należą też według niego Obłoki Magellana.

Przy tak rozumianym układzie gwiazdnym Shapley'owi wydawało się „nieprawdopodobne, by można uważać mgławice spiralne za oddzielne galaktyki gwiazdne. (...) Badanie gromad mocno sugeruje hipotezę, że mgławice spiralne, chociaż nieściśle związane z historycznym i dynamicznym rozwojem gwiazd średnich, są jednak członkami galaktycznej organizacji ...”³¹. Shapley bronił też mgławicowego, gazowego charakteru mgławic spiralnych, mimo że można w nich było dostrzec gwiazdy nowe. Wybuch gwiazdy nowej rozumiał jako „pochłonięcie gwiazdy przez szybko poruszającą się mgławicę”³².

Tuż po ogłoszeniu artykułu Shapley'a Curtis wygłosił 15 marca 1918 r. w Waszyngtonie odczyt, w którym zbijał stanowisko Shapley'a³³. Ukazały się następne publikacje³⁴. Curtis mówił o wielkich odległościach mgławic spiralnych i „praktycznie nieskończonym polu

²⁶ A. Sandage, *The Hubble Atlas of Galaxies* Washington 1961, 3.

²⁷ H. D. Curtis, *Novae in Spiral Nebulae and the Island Universe Theory*, „Publ. Astron. Soc. Pac.”, 29 (1917) 206—207.

²⁸ H. Shapley, *Notes on the Magnitudes of Novae in Spiral Nebulae*, „Publ. Astron. Soc. Pac.”, 29 (1917) 216.

²⁹ H. Shapley, *Globular Clusters and the Structure of the Galactic System*, „Publ. Astron. Soc. Pac.”, 30 (1918) 42—54.

³⁰ Tamże, 50.

³¹ Tamże, 53.

³² Tamże.

³³ H. D. Curtis, *Modern Theories of the Spiral Nebulae*, „J. Washington Acad. Sci.”, 9 (1919) 217—227; S. L. Jaki, dz. cyt., 295.

badań”³⁵. Shapley, uznając Drogę Mleczną za całą obserwowalną część Wszechświata, dopuszcza możliwość, że gdzieś daleko w przestrzeni mogą istnieć inne galaktyki, ale nie są nimi mgławice spiralne³⁶.

Dyskusja stawała się żywa i interesująca. Na kontynencie europejskim włączył się do niej Knut Lundmark³⁷. W dniu 26 kwietnia 1920 r. zorganizowano w Narodowej Akademii Nauk w Waszyngtonie spotkanie, na którym Curtis i Shapley mogli przedstawić swoje poglądy. Odczyty tam wygłoszone ukazały się jako osobna publikacja pod znamienym tytułem: *Skala Wszechświata*³⁸.

Dyskusja dotyczyła zasadniczo dwu zagadnień: rozmiarów naszej Galaktyki i natury mgławic spiralnych. Decydującym problemem była skala odległość, a w szczególności odległości gromad kulistych na przykładzie gromady M 13.

Po wystąpieniu w Waszyngtonie³⁹ uzgodniono następujące punkty:

- A. Gromady kuliste są częścią naszej Galaktyki i rozmiary Galaktyki nie są mniejsze od układu gromad kulistych.
- B. Względne odległości gromad kulistych są zasadniczo poprawne, przy czym opierano się na założeniach, że absorpcja nie wpłynęła istotnie na otrzymane wyniki i że gromady kuliste są podobne w kształtach, a różnią się głównie odległościami.
- C. Gwiazdy w gromadach i w odległych częściach Drogi Mlecznej nie są obiektami osobliwymi, w całym systemie galaktycznym obowiązuje zasada jednorodności (uniformity)⁴⁰.

Shapley spodziewał się, że Curtis zgodzi się z nim i w następujących sprawach:

- a. Układ galaktyczny jest bardzo spłaszczonym zbiorem gwiazd.
- b. Mgławice spiralne są w zasadzie bardzo odległymi obiektami, prawdopodobnie nie należą do naszej Galaktyki.
- c. Jeżeli przyjmie się bardzo duże rozmiary Galaktyki, to powstaną poważne trudności dla teorii utrzymującej, że mgławice spiralne są galaktykami o porównywalnych wymiarach z naszą; trzeba by przyjąć, że gwiazdy nowe w mgławicach spiralnych mają nieprawdopodobnie wielkie jaśnieści⁴¹.

³⁴ H. D. Curtis, *On the Number of Spiral Nebulae*, „Proc. Am. Philos. Soc.”, 57 (1918) 513—520; H. Shapley, *On the Existence of External Galaxies*, „Publ. Astron. Soc. Pac.”, 31 (1919) 261—268.

³⁵ H. D. Curtis, *Modern Theories...*, 227.

³⁶ H. Shapley, *On the Existence...*, 268.

³⁷ K. Lundmark, *The Relations of the Globular Clusters and Spiral Nebulae to the Stellar System*, „Kungl. Svenska Vetenskapsakd. Handl.”, 60 (1920) 8, 62.

³⁸ H. Shapley, H. D. Curtis, *The Scale of the Universe*, „Bulletin of the National Research Council”, 2 (1921) 171—217. Autorzy, przygotowując odczyty do druku, wzajemnie je między sobą wymienili, by mogli wziąć pod uwagę punkty widzenia drugiej strony.

³⁹ Dyskusję tę nazywa się „Wielkim sporem” (*Great Debate*), np. O. Struve i V. Zebergs, dz. cyt., 500. Na temat „Wielkiego sporu” R. Berendzen, R. Hart, D. Seeley, dz. cyt., 35—50; M. A. Hoskin, *The „Great Debate”: what really happened*, „J. History Astron.”, 7 (1976) 169—182; S. Seeley, R. Berendzen, *Astronomy's Great Debate*, „Mercury”, 7 (1978) 67—71.

⁴⁰ H. Shapley, H. D. Curtis, dz. cyt., 180.

⁴¹ Tamże.

Nie było zgodności co do numerycznych, bezwzględnych wartości odległości gromad kulistych i rozmiarów Galaktyki. Dla gromady M 13 Shapley podawał odległości 36.000 lat świetlnych, a Curtis początkowo obliczał tę odległość na 3.600 a potem na 8.000 lat świetlnych⁴². Dla całego układu gromad kulistych Shapley podawał średnicę 300.000 lat świetlnych, a Curtis zaniżał ją o czynnik pięć a nawet o dziesięć, czyli do 30.000 lat świetlnych⁴³.

Największe trudności w uznaniu mgławic spiralnych za „galaktyki porównywalne” z naszą widział Shapley w dużych rozmiarach Galaktyki i w rotacji mgławic. Ostatnie wyniki podane przez van Maanena „okazują się fatalne dla takiej interpretacji”. I Shapley nie widział „powodu do modyfikowania roboczej hipotezy, że mgławice spiralne nie są w ogóle złożone z typowych gwiazd, lecz są rzeczywistymi obiektami mgławicowymi”⁴⁴.

Curtis natomiast, streszczając swoje wywody, wyliczał między innymi takie argumenty za teorią, że mgławice spiralne są galaktykami złożonymi z gwiazd:

1 W tej teorii łatwiej wytłumaczyć wielkie prędkości mgławic.

2 W wielu mgławicach spiralnych widać pasma ciemnej materii. Takie zjawisko w naszej Galaktyce, traktowanej jako spirala, może przysłaniać odległe mgławice spiralne w płaszczyźnie Galaktyki i to dobrze tłumaczy obserwowany rozkład mgławic.

3 Widmo mgławic spiralnych jest tego rodzaju, jakiego należałoby oczekiwać z galaktyk gwiezdnych.

4 Gwiazdy nowe w mgławicach spiralnych wskazują na naturę galaktyczną mgławic. Porównanie gwiazd nowych w mgławicach spiralnych z nowymi w naszej Galaktyce daje odległość od 500.000 lat świetlnych dla mgławicy Andromedy do 10 000 000 i więcej lat świetlnych dla najbardziej odległych mgławic.

5 Na takich odległościach galaktyki będą tego samego rzędu wielkości co nasza⁴⁵.

Mimo przytoczenia wielu argumentów z jednej i z drugiej strony spór nie został rozstrzygnięty. Gdy chodzi o rozmiary Galaktyki więcej racji miał Shapley. A wynik dyskusji o naturę mgławic spiralnych O. Struve i V. Zebergs tak oceniają: „Chociaż Curtis był niewątpliwie bliższy prawdzie o naturze mgławic spiralnych, to jednak w owym czasie nie można było tego udowodnić. Podobnie jak w pierwszej części sporu, Curtis i Shapley nie potrafili się nawzajem przekonać. Również inni astronomowie nie mogli zdecydować, który z poglądów jest prawdziwy”⁴⁶.

⁴² Tamże, 182 i 210. Dane z roku 1959 podają odległość M 13 w przybliżeniu na 25.000 lat świetlnych — O. Struve i V. Zebergs, dz. cyt., 504.

⁴³ H. Shapley, H. D. Curtis, dz. cyt., 191 i 217.

⁴⁴ Tamże, 192.

⁴⁵ Tamże, 217.

⁴⁶ O. Struve i V. Zebergs, dz. cyt., 533. Bardzo trafny pogląd na temat odległości i natury mgławicy Andromedy wypowiedział w roku 1923 Bohdan Zaleski, profesor astronomii Uniwersytetu Poznańskiego: „Odległość niektórych gwiazd nowych Drogi Mlecznej jest nam wiadoma. Kombinując jasność gwiazd nowych w Andromedzie z jasnością naszych i zakładając, że blask ich jest jednakowy, dochodzimy do za-

Lundmark w swym przeglądowym artykule dotyczącym gromad kulistych i mgławic spiralnych zajmuje w tej sprawie niezdecydowane stanowisko: „Głównym wynikiem obecnych badań jest stwierdzenie, że mgławice spiralne trzeba uważać za obiekty położone w znacznych odległościach od Układu Słonecznego. Trudniej jest natomiast rozstrzygnąć, czy są one rozważanymi przez Jeansa obiektami, w których tworzą się gwiazdy (mgławicami w stadium kureczenia się), czy też odległymi galaktykami. W obecnych faktach można by doszukać się sugestii, że prawdziwa jest ta druga możliwość, ale z drugiej strony mgławice spiralne nie wydają się mieć takich rozmiarów, jakie według badań Shapley'a należy przypisać naszemu układowi galaktycznemu, a poza tym wiele świadczy o tym, że nasza galaktyka nie ma struktury podobnej do mgławic spiralnych”⁶⁷.

5. ODLEGŁOŚCI DO GALAKTYK

Do rozstrzygnięcia sporu trzeba było nowych faktów obserwacyjnych, a przede wszystkim nowych zasadniczych kryteriów odległości dla mgławic spiralnych. Dużo spodziewano się po nowo oddanym do użytku 254 cm teleskopie na Mount Wilson.⁶⁸

Od 1922 r. zaczęto wykrywać w mgławicach gwiazdy zmienne. Najpierw J. C. Duncan odkrył trzy gwiazdy w rejonie mgławicy M 33. Lecz zbyt mało było pomiarów i danych, by można z nich określić charakter zmian jasności, ponadto wtedy Duncan nie był pewny, czy można te gwiazdy łączyć z mgławicą, czy też zachodzi tylko przypadkowa zbieżność⁶⁹. W następnym roku odkryto 12 gwiazd zmiennych w mgławicy NGC 6822. Przypuszczano, że niektóre z tych gwiazd są zmiennymi cefeidami, ale na pełne potwierdzenie i ustalenie krzywych zmian jasności trzeba było poczekać do następnego roku⁵⁰.

Pierwszą w sposób pewny rozpoznaną cefeidą „pozagalaktyczną” była gwiazda w mgławicy M 31. Dokonał tego Hubble w październiku 1923 r. Hubble po trzynastu latach tak opisuje to doniosłe zdarzenie: „Jesienią tego roku podjęte zostały systematyczne obserwacje mgławicy M 31 w celu zebrania danych statystycznych o gwiazdach nowych, często występujących w tej mgławicy. Na pierwszej dobrej w tym programie kliszy zrobionej 100 calowym teleskopem można było dostrzec dwie zwykłe gwiazdy nowe i jeden słaby 18-tej wielkości obiekt, który pierwotnie

wrotnej cyfry, że odległość mgławicy Andromedy jest 600.000 lat świetlnych; zaś jej średnica 23.000 lat świetlnych. Mamy tu zatem inną, odległą Drogę Mleczną.” B. Zaleski, Budowa wszechświata. Wykłady Powszechne Uniwersytetu Poznańskiego, nr 5, Poznań 1923, 23—4.

⁴⁷ K. Lundmark, dz. cyt., 62. Cyt. i tłum. za O. Struve i V. Zebergs, dz. cyt., 535. Hubble, powołując się na cytowaną wypowiedź Lundmarka, stwierdził, że „choć jego (Lundmarka) wniosek był ostrożnie sformułowany, to Lundmark w swej dyskusji wyraźnie faworyzował pozagalaktyczną naturę mgławic spiralnych”. E. Hubble, *The Realm...*, 83, przyp. 8.

⁴⁸ Hubble wyrażał przekonanie, że rozwiązanie problemu mgławic spiralnych było sprawą głównie dużych teleskopów, np. — *The Realm...*, 83; *The Observations...*, V i VI.

⁴⁹ E. Hubble, *A Spiral Nebula as a Stellar System: Messier 33*, „*Astrophys. J.*”, 63 (1926) 240.

⁵⁰ E. Hubble, *The Realm...*, 92.

wydawał się być też gwiazdą nową. Porównania z innymi kliszami, wcześniej zrobionymi na Mount Wilson, wykazały, że ten małej jasności obiekt jest gwiazdą zmienną i z łatwością można było określić naturę jej zmienności. To była typowa cefeida o okresie zmienności około jednego miesiąca i absolutnej jasności w maksimum, jak wskazywały na to podobne gwiazdy w Obłokach Magellana, rzędu $M = -4$, czyli około 7.000 razy jaśniejsza od Słońca. Jeżeli, jak obserwacje na to wskazywały, jasność pozorna tej gwiazdy wynosiła m (mks.) = 18,2, to wymagana odległość była rzędu 900.000 lat świetlnych⁵¹.

Rozpoczął się przez Hubble'a pisany nowy rozdział w kosmologii. M. Heller tak określa to wydarzenie: „Odkrycie Hubble'a stało się początkiem nowej ery w kosmologii obserwacyjnej. Cefeida z Wielkiej Mgławicy Andromedy jest odległa od Ziemi według oszacowań Hubble'a o 900.000 lat światła. Odległość ta znacznie przewyższa wszelkie rozsądne oceny rozmiarów naszej Galaktyki, a zatem mgławica Andromedy nie leży wewnątrz naszej Galaktyki; jest inną galaktyką. Hipoteza „świata wypowego” zyskała nowy, koronny argument”⁵². Lecz jeszcze sporo czasu (ponad rok) upłynęło zanim Hubble zdecydował się oficjalnie ogłosić swe wyniki.

W lutym 1924 r. w liście do Shapley'a Hubble napisał: „Z pewnością zainteresuje Pana fakt, że odkryłem zmienną cefeidę w mgławicy Andromedy (M 31)”⁵³. Była to zapewne pierwsza wiadomość o zmiennej cefeidzie wysłana poza Obserwatorium Mount Wilson. W ciągu lata tego roku astronomowie przekazywali sobie prywatnie wiadomość o wielkim odkryciu na Mount Wilson, ale wciąż było brak oficjalnego komunikatu. Wyczuwało się napiętą i pełną wyczekiwania atmosferę.

W październiku H. N. Russell, zniecierpliwiony oficjalnym milczeniem Obserwatorium Mount Wilson, wysłał list do Hubble'a z zapytaniem, kiedy zdecyduje się ogłosić dane o odkryciu. „To jest piękne dzieło — pisze Russell — i Pan całkowicie zasługuje na zaszczyt, jaki to Panu przyniesie, a zaszczyt ten będzie bez wątpienia wielki. Kiedy Pan ogłosi tę rzecz w szczegółach? Spodziewam się, że Pan przyśle to na spotkanie waszyngtońskie, ponieważ wszyscy chcą dowiedzieć się o tym i — nawiasem mówiąc — Pan powinien otrzymać wyznaczoną nagrodę 1000 dolarów”⁵⁴.

W pierwszych dniach 1925 roku na rocznym spotkaniu Amerykańskiego Towarzystwa Astronomicznego w Waszyngtonie⁵⁵, przypadło właśnie Russellowi czytać artykuł Hubble'a pt.: „Cefeidy w mgławicach spiralnych”. Na tym spotkaniu byli obecni Curtis i Shapley. I stało się jasnym dla nich i dla wszystkich, że dyskusja na temat

⁵¹ Tamże, 93. Opis odkrycia pierwszej cefeidy w mgławicach patrz też: M. Heller, *Ewolucja Kosmosu i kosmologii*, „Urania”, 49 (1978) 98—105; S. Groueff, J. P. Cartier, *L'homme et le Cosmos*, Larousse, Paris 1975, 163 i n.

⁵² M. Heller, dz. cyt., 104. Lata 1924—1936 w kosmologii nazywa się „Edą Hubble'a”, patrz np. D. W. Sciama, *Kosmologia współczesna*, Warszawa 1975, 61.

⁵³ Cyt. za: M. Heller, dz. cyt., 105.

⁵⁴ Cyt. za: S. L. Jaki, dz. cyt., 301.

⁵⁵ Trzydzieste trzecie spotkanie Amerykańskiego Towarzystwa Astronomicznego rozpoczęło się 30 grudnia 1924 r. — *Thirty-Third Meeting of the American Astronomical Association*, „Popular Astronomy”, 33 (1925) 158—161.

„wszechświatów—wysp” została zakończona i otwarta została nowa era w kosmologii⁵⁶.

W sprawozdaniu ze spotkania tylko krótką i powściągliwą notatkę poświęcono odkryciu Hubble'a: „Dr Hubble, pracując na 100 cal. reflektorze na Mount Wilson, rozdzielił części dwu mgławic spiralnych w Andromedzie i w Trójkacie na osobne gwiazdy i z badań krzywych „okres—jasność” dla zmiennych cefeid w mgławicach ustalił, że odległości tych mgławic dochodzą do 1 miliona lat świetlnych i w ten sposób potwierdził tzw. teorię Wszechświata wyspowego”⁵⁷.

Szkoda, że nie zachował się w całości artykuł Hubble'a czytany na tym pamiętnym spotkaniu⁵⁸. Opublikowano tylko jego streszczenie. Dowiadujemy się tam, że Hubble odkrył 22 cefeidy w mgławicy M 33 i 12 — w M 31. Dostrzegł też zmienne w innych mgławicach (M 81, M 101, NGC 2403), ale nie mógł jeszcze ustalić okresu ich zmienności. Hubble powołuje się na wypracowaną przez Shapley'a zależność „okres—jasność” dla cefeid. W oparciu o tę zależność wyznacza moduł odległości $M-m = -22,3$ dla cefeid obu mgławic, co daje odległość 285 000 parseków (929 000 lat świetlnych).

Godne uwagi jest zastrzeżenie Hubble'a zrobione w tym artykule, że największa niepewność w wyznaczeniu odległości mgławic leży prawdopodobnie w oznaczeniu punktu zerowego na wykresie „okres—jasność” dla cefeid.⁵⁹ Hubble wspomina też o dalszych trzech założeniach, że: 1) zmienne są rzeczywiście związane z mgławicami, 2) absorpcja nie jest duża, 3) natura zmienności cefeid jest jednakowa w całej obserwowalnej części Wszechświata.⁶⁰

W streszczeniu tym Hubble ponadto podaje, że po raz pierwszy dało się rozłożyć zewnętrzne obszary obu mgławic na gęste roje, gromady (*dens swarms*), których obrazy niczym nie różnią się od gromad zwykłych gwiazd. Uderzające jest to, że w tekście poza tym nie ma żadnych sugestii o naturze badanych mgławic, o ich związku z układem galaktycznym, ani aluzji do sporu między Curtisem a Shapley'em. Czyżby Hubble sam nie dowierzał swoim wynikom, czy też raczej był onieśmielony ich konsekwencjami dla kosmologii, że wolał sam o nich nie wspominać? A może odnosił też do siebie słowa, które potem wypowiedział o innych: „Astronomowie mało zajmowali się dyskusjami: oni badali mgławice”.⁶¹

⁵⁶ S. L. Jaki, dz. cyt., 301. Prawdopodobnie H. D. Curtis wyjechał zanim odczytano pismo Hubble'a — patrz: R. Berendzen, M. Hoskin, *Hubble's Announcement of Cepheids in Spiral Nebulae*, „Leaf. Astron. Soc. Pac.”, 504 (1971) 4.

⁵⁷ *Thirty-Third Meeting...*, 159.

⁵⁸ S. L. Jaki, dz. cyt., 302 i 318.

⁵⁹ Istotnie w 1952 roku W. Baade poprawił punkt zerowy zależności okres-jasność dla cefeid, przez co podwoiła się odległość wszystkich galaktyk.

⁶⁰ E. Hubble, *Cepheids in Spiral Nebulae*, „Popular Astronomy”, 33 (1925) 252—255.

⁶¹ E. Hubble, *The Realm...*, 25. S. L. Jaki w ten sposób wyraził się o postawie Hubble'a: „Mało kto z odkrywców, jeżeli w ogóle ktokolwiek, bardziej starannie unikał najistotniejszych aspektów swoich odkryć, jak czynił to Hubble. Jego historycznym przywilejem stało się napisanie końcowej strony długiej historii szukania przez człowieka prawdy o Drodze Mlecznej. (...) Żadne większe odkrycie nie wchodziło

W liście z lutego 1925 r. Hubble wyjaśnił Russellowi, że powodem opóźnienia ogłoszenia jego wyników była ich sprzeczność z pomiarami van Maanena. Dopiero po ich sprawdzeniu Hubble doszedł do przekonania, że van Maanen popełnił duży błąd w ocenie wartości rotacji mgławic. Sugestie ku temu dawały też wyniki Lundmarka z 1923 r.⁶² We wspomnianym liście Hubble pisze też o nagromadzeniu, jeszcze nie opracowanego, bogatego materiału obserwacyjnego dotyczącego mgławic i wspomina, że według niego „prawdziwie wielki postęp ... leży w możliwościach zastosowania zwykłych metod badania gwiazd do badań mgławic spiralnych”⁶³.

Nastąpił okres wyężonej pracy. Hubble interesował się kilkoma, dającymi rozłożyć się na gwiazdy, mgławicami i starał się ustalić ich odległość. Głównym kryterium odległości były cefeidy. Pomocniczymi kryteriami — gwiazdy nowe, gwiazdy zmienne, inne jasne gwiazdy i dające się wyróżnić mgławice gazowe. Badał też jasność i rozmiary mgławic spiralnych. Rezultaty opublikowane zostały w serii artykułów w ciągu pięciu lat.

Nieregularna mgławica NGC 6822 jest „pierwszym obiektem w sposób zdecydowany przypisanym do obszaru poza układem galaktycznym”⁶⁴. Hubble ocenił odległość tej mgławicy najpierw na 700 000, a potem zniżył do 530 000 lat świetlnych⁶⁵. Po zbadaniu mgławicy M 33 (1926 r.) i uznaniu jej za izolowany układ gwiazd i mgławic, leżący daleko poza granicami układu galaktycznego (850 000 lat świetlnych), Hubble stwierdził, że te dane „faworyzują hipotezę wszechświatów — wysp”⁶⁶. Jest to pierwsze wyraźne nawiązanie w pismach Hubble'a do sporu o naturę mgławic spiralnych.

W tym samym roku (1926) ukazał się artykuł w całości poświęcony mgławicom pozagalaktycznym i ich klasyfikacji⁶⁷. Hubble pisze: „Ostatnie badania uwydatniły zasadniczy charakter podziału między mgławicami galaktycznymi i pozagalaktycznymi. ... Mgławice galaktyczne są chmurami pyłu i gazu pomieszanego z gwiazdami poszczególnych systemów gwiazdnych, a pozagalaktyczne mgławice, przynajmniej najbardziej wyraźne z nich, są teraz uznane jako układy zamknięte i często zawierają chmury galaktycznych mgławic jako składowe elementy. Zdecydowana pewność co do odległości i rozmiarów jest ograniczona do sześciu układów wliczając w to Obłoki Magellana. Z ogólnej zasady

do nauki bardziej niepostrzeżenie, jak odczytanie prawdziwej struktury Drogi Mlecznej.” S. L. Jaki, dz. cyt., 302—303.

⁶² E. Hubble, *The Realm...*, 97; Na temat sporu o rotację mgławic spiralnych patrz: N. S. Hetherington, *Adriaan van Maanen and Internal Motion in Spiral Nebulae*; *A Historical Review*, „Q. J. R. Astron. Soc.”, 13 (1972) 23—39.

⁶³ S. L. Jaki, dz. cyt. 302; por. też R. Berendzen, R. Hart, D. Seeley, dz. cyt., 133 i n.

⁶⁴ E. Hubble, NGC 6822, *A Remote Stellar System*, „Astrophys. J.”, 62 (1925) 409.

⁶⁵ E. Hubble, *The Realm...*, 144.

⁶⁶ E. Hubble, *A Spiral Nebula as a Stellar System: Messier 33*, „Astrophys. J.”, 63 (1926) 237.

⁶⁷ E. Hubble, *Extra-Galactic Nebulae*, „Astrophys. J.”, 64 (1926) 321—369.

jednorodności natury wyprowadza się wniosek, że podobny charakter mają niezliczone ilości słabszych mgławic”⁶⁸.

W tych publikacjach wydaje się, że teoria „wszechświatów — wysp” została dostatecznie potwierdzona, chociaż Lundmark miał jeszcze w tym czasie wątpliwości, czy sytuacja znów nie ulegnie zmianie⁶⁹.

Dane dotyczące największej ze znanych mgławic, mgławicy Andromedy, zostały opublikowane w roku 1929⁷⁰. Materiał dowodowy oparty jest na 40 cefeidach, 50 gwiazdach zmiennych i 86 gwiazdach nowych. Odległość Hubble ocenia na 275 000 parseków, czyli 900 000 lat świetlnych. Dotychczasowe wnioski zostały w pełni potwierdzone.

Mozna uznać, że ten artykuł Hubble’a kończy pierwszy etap jego badań. Rezultatem tych badań było ogromne poszerzenie granic obserwowalnego Wszechświata, otwarcie nowych możliwości badań odległych galaktyk, badanie klasyfikacji mgławic w oparciu o ich zewnętrzny wygląd.

6. ZAKOŃCZENIE

Ważnym wydaje się fakt, że już na tym etapie wyniki Hubble’a były doskonałą podbudową dla rozwijającej się od paru lat teoretycznej kosmologii relatywistycznej. W 1917 r. A. Einstein zastosował ogólną teorię względności do Wszechświata jako całości i uzyskał statyczne rozwiązanie równań pola. Lata następne przyniosły dalszy postęp dzięki pracom W. de Sittera, G. Lemaitre’a i A. Friedmana.

Einstein w pierwszych swoich pracach kosmologicznych milcząco zakładał tradycyjny obraz Wszechświata i sądził, że teoretycznym cząstkom fundamentalnych z równań pola odpowiadają w fizycznym świecie gwiazdy. To między innymi obserwacyjne prace Hubble’a przyczyniły się do rozpowszechnienia poglądu, że bardziej podstawowymi formacjami materii we Wszechświecie są galaktyki czy też gromady galaktyk.

Jednak rola Hubble’a w kosmologii obserwacyjnej wyszła daleko poza odkrycia odległości do galaktyk. Hubble był jednym z pierwszych astronomów zajmujących się badaniem „świata galaktyk”, podał pierwszą wyczerpującą klasyfikację galaktyk a przede wszystkim zasłynął z wykrycia zależności między przesunięciem widm galaktyk a ich odległościami. Interpretacja przesunięcia widm jako ucieczki galaktyk, jako rozszerzanie się Wszechświata miało doniosłe znaczenie dla rozwoju idei kosmologicznych. Same poglądy kosmologiczne Hubble’a oraz metody i filozoficzne założenia, jakie leżały u podstaw jego prac obserwacyjnych i ich interpretacji, zasługiwałyby na pełniejsze omówienie.

Chciałbym w tym miejscu wyrazić podziękowanie doc. dr Michałowi Helerowi za cenne uwagi i sugestie.

⁶⁸ Tamże, 321—322.

⁶⁹ O. Struve i V. Zebergs, dz. cyt., 538.

⁷⁰ E. Hubble, *A spiral Nebula as a Stellar System: Messier 31*, „Astrophys. J.”, 69 (1929) 103—157.