

franciszkańskich studiach filozoficzno-teologicznych w Polsce w XVIII i XIX wieku o. prof. Roland Prejs OFMCap (KUL) szeroko omówił obecność szkotyizmu w studiach i seminariach franciszkańskich w Polsce tego okresu.

Obrady sympozjum zamknął krótkim podsumowaniem Dziekan Wydziału Filozofii KUL prof. Stanisław Kiczuk.

Jubileuszowe sympozjum niewątpliwie ukazało oryginalność, głębię spekulatywną i wielostronność myśli Doktora Subtelnego, a także rozległość i trwałość jej oddziaływania. Na ostatniej sesji o. prof. Celestyn Napiórkowski OFMConv wystąpił z inicjatywą opublikowania w trzech tomach dwujęzycznej, łacińsko-polskiej edycji najważniejszych pism Jana Dunsza Szkota, która przybliżyłaby średniowiecznego doktora czytelnikom w naszym kraju.

*Roman Majeran
Katedra Historii Filozofii Starożytnej
i Średniowiecznej KUL*

CZY KOSMOLOGIA W KRYZYSIE?

Kilka uwag z 12 Kolokwium Kosmologicznego
w Obserwatorium Astronomicznym w Paryżu
17-19 lipca 2008 roku

W lipcu 2008 r. w Obserwatorium Paryskim, z inicjatywy International School of Astrophysics Daniel Chalonge (École Internationale Daniel Chalonge), miało miejsce ważne wydarzenie naukowe, a mianowicie 12 Kolokwium Kosmologiczne pt. „Dark matter, dark energy, CMB and LSS: Understanding the Physics of the Universe” z udziałem George’a Smoota – laureata Nagrody Nobla z fizyki w 2006 r. Charyzmatycznymi organizatorami Chalonge School są Norma Sánchez i Hector De Vega – oboje z Obserwatorium Paryskiego. Istnieją przynajmniej dwa powody, dla których uważam za ważne odnotowanie tego wydarzenia jako mającego znaczenie dla środowiska filozoficznego.

1. Seminarium jest coroczną prezentacją „state of art” w dziedzinie kosmologii, a jego patronem jest George Smoot, którego badania doprowadziły do lepszego zrozumienia Wszechświata w epoce, kiedy powstawały załączki struktur.

2. Kosmologia na obecnym etapie rozwoju całkowicie zmienia swoje oblicze. Obserwacja tej nauki, będącej w fazie transformacji, przy jednoczesnym nagromadzeniu się anomalii, może nam wiele powiedzieć na temat stanu nauki dojrzewającego do rewolucji naukowej. Można zobaczyć, że ten etap transformacji charakteryzuje się stawianiem pytań natury filozoficznej.

Prezentując merytoryczne sprawozdanie z kolokwium, pragnę wskazać na zmiany, które dokonują się we współczesnej kosmologii w wieku, który określa się mianem wieku kosmologii [1]. Interesująca wydaje się refleksja nad przyczynami tak szybkich

zmian. Współczesna kosmologia znajduje się obecnie w fazie pewnego kryzysu, ponieważ nie potrafi wyjaśnić natury aż 96% materialnej zawartości Wszechświata. Jest to tzw. problem ciemnej energii, czyli hipotetycznej energii, która powoduje jego przyspieszoną ekspansję. Trudność tę bezlitośnie obnażyły obserwacje odległych gwiazd supernowych typu *SN Ia*. Następnie akceleracja Wszechświata została potwierdzona przez obserwacje anizotropii promieniowania reliktowego. Obserwacje te zostały wykonane przez satelitę WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe), a także przez inne obserwacje astronomiczne.

W programie kolokwium było 20 wykładów przeglądowych z głównego nurtu obecnych badań kosmologicznych (wszystkie są dostępne na stronie internetowej <http://www.obspm.fr/chalange>). Główne zagadnienia dyskutowane przez kosmologów to:

- problem natury ciemnej materii (Peter Biermann, A. Kusenko, B. Sadoulet, M. Shaposhnikov),
- problem bezpośrednich obserwacyjnych dowodów na istnienie ciemnej materii (D. Clowe),
- więzy obserwacyjne na „ciemną stronę” Wszechświata, tj. ciemną materię i ciemną energię (A. Melchior),
- rozumienie inflacji i ciemnej energii w standardowym modelu Wszechświata (H. J. De Vega), N. G. Sanchez),
- badania wielkoskalowej struktury Wszechświata (C. Frank, S. Colafrancesco, M. Giovannini, A. Lasenby).

W mikrofalowej tomografii tych struktur istotną rolę odgrywa efekt Sunayeva – Zeldovicha, który był referowany przez Y. Rephaeli. Z prawdziwą przyjemnością chciałem odnotować wykład G. Smoota pt. *CMB observations and Standard Model of the Universe*. Ostatnie wiadomości z przygotowywanej misji satelity europejskiej agencji kosmicznej Plancka były przedmiotem wykładu R. Mandolesi.

Już z tego pobieżnego przeglądu można się zorientować, że problematyka współczesnej kosmologii jest skoncentrowana na problemie ciemnej materii i ciemnej energii. Niejako paralelnie, ściśle związane z tym problemem, pozostaje zagadnienie powstawania struktur we Wszechświecie. Dostępna nam informacja na temat procesu powstawania tych struktur bierze się z obserwacji anizotropii docierającego do nas promieniowania reliktowego, które jest promieniowaniem termicznym ciała doskonale czarnego o temperaturze 2,7 K. Małe fluktuacje tego promieniowania $\delta T/T$ na poziomie 10^{-5} zawierają istotną obserwację dotyczącą mechanizmów powstawania struktur w epoce rekombinacji ($z \approx 1100$), tj. gdy rozmiary Wszechświata były około 1000 razy mniejsze od obecnych¹. Na podstawie obserwacji uzyskujemy mapy anizotropii tego promieniowania w postaci plam, które odpowiadają obszarom gęstszym

¹ $1+z = \frac{a}{a_0}$; z jest redshiftem, natomiast a i a_0 rozmiarami Wszechświata odpowiednio w chwili rekombinacji: $t(z)$ i obecnej epoce.

i rzadszym, ponieważ $\delta T/T \sim \delta \rho/\rho$, gdzie ρ jest gęstością materii (efekt Sachsa – Wolfa). W przyszłości informacje te zostaną wzbogacone o pomiary polaryzacji promieniowania tła z wykorzystaniem efektu Sunayeva – Zeldovicha. Głównym celem kolokwium w Paryżu, jaki postavili sobie organizatorzy, jest powiązanie osiągnięć w dziedzinie teoretycznych i obserwacyjnych badań ciemnej materii, ciemnej energii z włączeniem neutrin, danych CMB i WMAP z teorią wczesnego Wszechświata, który zadaje warunki początkowe dla dzisiejszej epoki². Jako główne tematy tej seryjnej konferencji autorzy podali obserwacyjne i teoretyczne postępy w badaniach natury ciemnej materii i ciemnej energii, formalizmy powstawania wielkoskalowych struktur na drodze ewolucji małych zaburzeń, inflację w kontekście obserwacji WMAP (w powiązaniu z CMB) oraz danych LSS (*large scale structure*), kwadropulowa amplifikacja i dane początkowe oraz efekty kwantowe. Z tego obrazu wynikają dla nas, filozofów następujące obserwacje, które są ważne nie tylko dla filozofii kosmologii, lecz także dla refleksji nad nauką, która od samego początku nie stawia sobie celów utylitarnych, a zrozumienie Wszechświata fizycznego w obserwowalnej skali.

Dzisiejszej kosmologii nie uprawia się poprzez konstruowanie modeli możliwych wszechświatów w oparciu o Ogólną Teorię Względności. Badania modeli kosmologicznych są oczywiście prowadzone, ale są one raczej zaliczane do zastosowań matematyki czy też matematycznej teorii grawitacji. Myślę, że trafną nazwą tego typu aktywności byłaby „kosmologia matematyczna” [2]. Tematyka i zagadnienia poruszane na kolokwium dowodzą tego, że głównym nurtem badań kosmologicznych jest fizyka (teoretyczna i obserwacyjna) obiektu, jakim jest Wszechświat. Kosmologia przeszła na naszych oczach rewolucję, polegającą na przejściu od badania różnych teoretycznych możliwości opisu Wszechświata do badania fizyki realnego Wszechświata, w którym żyjemy.

Kosmologowie zgodzili się na przyjęcie pewnego modelu, który, chociaż nie jest do końca zadawalający stanowi bazę dla wyprowadzenia różnego rodzaju obserwabli. Są to pewne, teoretyczne predykcje, które następnie podlegają testowaniu. Wszystkie te obserwable są zrelatywizowane do przyjętego *a priori* modelu teoretycznego. Model Friedmana – Robertsona – Walkera (FRW) ze stałą kosmologiczną jest nazywany standardowym modelem Wszechświata [por. wykład G. Smootha pt. *CMB observations and Standard Model of the Universe*]. Kosmologowie mają do dyspozycji dwie strategie:

- poszukania jawnego rozwiązania równań Einsteina najwierniej opisującego rzeczywistość, która nie jest ściśle jednorodna i izotropowa w dużej skali;

² Organizatorzy w taki sposób ujmują ten cel: „[...] the aim of the meeting is to put together real cosmological data and hard theory predictive approach connected to them” – www.chalonge.fr i plakat konferencji.

- zgodzić się na prosty, teoretyczny model, który byłby jednorodny i izotropowy od samego początku, by później posłużyć się nim w wyprowadzeniu obserwacji, które pozwolą na testowanie modeli kosmologicznych w oparciu o obserwacje astronomiczne (odległe supernowe, promieniowanie reliktowe, rozkłady galaktyk, itp.).

W wyborze drugiej strategii przeważała chęć uczynienia z kosmologii pełnoprawnej dyscypliny fizycznej, której tezy podlegają weryfikacji empirycznej. Powiedzielibyśmy, że kosmologia wybrała drogę ustalenia reguł pomostowych pomiędzy językiem teoretycznym a bazą empiryczną za cenę przyjęcia prostego modelu standardowego już w punkcie wyjścia. Tym samym wszystkie fakty obserwacyjne są od samego początku uteoretyzowane poprzez język i pojęcia standardowego modelu Wszechświata. Wybór takiej strategii poznania Wszechświata wymaga, oczywiście, ogromnego wsparcia od strony technologicznej, która daje możliwość konstruowania detektorów nowej generacji. Są to teleskopy naziemne i kosmiczne, misje satelitarne, eksperymenty balonowe i inne. Tego typu działania wymagają międzynarodowej współpracy wielu ośrodków, łączenia obserwatoriów w sieci radioastronomiczne (np. sieć VLBI), a poznawanie Wszechświata w naturalny sposób staje się udziałem nie pojedynczych ludzi, a grup badawczych. Poznawanie Wszechświata odbywa się niejednokrotnie poza uniwersytetami, w grupach badawczych tworzących pewne konsorcja³. Z przykrością należy odnotować, że udział polskich grup badawczych w tych wielkich przedsięwzięciach jest raczej mizerny. Międzynarodowe projekty badawcze, prowadzone przez niekiedy rywalizujące ze sobą grupy badawcze, poza strukturą uniwersytetów, stanowią istotę rozwoju kosmologii. Oczywiście w ten sposób badania naukowe stają się bardzo kosztowne, a kosmologia jest luksusem, na który nieliczni mogą sobie pozwolić. Brak polskich naukowców w projektach badawczych będzie wymuszał emigrację polskich uczonych do grup badawczych za granicą. Standardem staje się fakt, że prace naukowe mają bardzo wielu autorów. Ich lista coraz częściej zajmuje kilka pierwszych stron danej pracy. W konsekwencji kosmologia współczesna, będąca w głównej mierze kosmologią obserwacyjną, jest jako całość bardziej wytworem społeczności naukowej, a nie pojedynczych ludzi. Prezentowany na kolokwium materiał ukazał ogromny postęp w badaniach Wszechświata i odsłonił kruche podstawy, na których stoi Standardowy Model Wszechświata.

Na zakończenie chciałbym bardziej szczegółowo skomentować wykład noblisty. Są po temu co najmniej dwa powody. Po pierwsze, wykład ten pokazuje, że kosmologia, chcąc nie chcąc, jest uwikłana w problemy natury filozoficznej. Po drugie, George Smoot jest dobrym przykładem ilustrującym sposób uprawiania filozofii przez fizyków nie posiadających odpowiedniego przygotowania filozoficznego. Stąd też filozofia taka jest bardzo często naiwna. Ponieważ Smoot jest laureatem Nagrody Nobla, wymaga się od niego wyjścia poza obszar kosmologii przedmiotowej i uprawiania refleksji nad nią samą, jak również nad jej wynikami. Tego typu refleksje są później rozpowszechniane

³ Przykładem może być konsorcjum LIGO, zajmujące się detekcją fal grawitacyjnych.

w szeroko pojętej kulturze i mają znacznie dla tworzących się obrazów świata. Tym samym nie są to rzeczy, które można tak po prostu obejść bez ich skomentowania.

W pierwszej części wykładu Smoot skoncentrował się na pokazaniu, że rozwój kosmologii polega na zawężaniu w przestrzeni parametrów modelu pewnych obszarów poprzez obserwacje astronomiczne i dane astrofizyczne. Na przykład proces pierwotnej nukleosyntezy jest niezwykle czuły na zmiany parametrów modelu i jeśli przyjmujemy, że miał on miejsce w odległej przeszłości Wszechświata, to mamy wyróżniony pewien obszar w przestrzeni parametrów. Gdy weźmiemy przestrzeń dwuparametrową (gęstość ciemnej materii i gęstość materii barionowej), to obszar dopuszczalny przez BBN⁴ jest pewnym paskiem o szerokości 0,02 – 0,025. Idąc dalej, jeśli weźmiemy pod uwagę wyniki obserwacji CMB i WMAP 1, to część tego obszaru może być wykluczona. Jeżeli natomiast dodamy wyniki obserwacji WMAP 2, to obszar dopuszczalny stanie się jeszcze bardziej zawężony. Ta strategia przypomina koncepcję M. Szydlowskiego, lansowaną przez niego od czasu doktoratu – rozwój kosmologii odbywa się poprzez mechanizm zawężania dopuszczalnych modeli poprzez obserwacje [3]. Szydlowski słusznie zwrócił uwagę na pewną trudność, sprowadzającą się do tego, że nie znamy *a priori* parametrów modelu. Stąd sam wybór przestrzeni jest w pewnym sensie arbitralny. Smoot przedstawił analogiczne rozumowanie w odpowiedzi na pytanie, na ile płaska jest nasza przestrzeń. Jeśli przestrzeń jest dokładnie płaska, to $\Omega_m + \Omega_x = 1$, gdzie Ω_m i Ω_x są parametrami gęstości w przestrzeni parametrów. Powyższy warunek wyznacza w tej przestrzeni linię $\Omega_x = 1 - \Omega_m$, na której leży model płaski z dopuszczalną przez obserwacje gęstością materii (a więc ciemnej energii). Tak jak poprzednio wyznaczamy obszary wiarygodności dla parametrów modelu na podstawie kolejnych obserwacji WMAP 1, WMAP 3, SDSS⁵. Otrzymujemy w rezultacie mały, dopuszczalny obszar w tej przestrzeni (oczywiście na określonym poziomie ufności). Można zauważyć, że obszar ten jest bardzo niewielki, skoncentrowany wokół wartości $\Omega_{m,0} = 0,25$, $\Omega_{x,0} = 0,75$, $\Omega_{k,0} \approx 0$; $\Omega_{total} = \Omega_{m,0} + \Omega_{x,0} = 1,003 \pm 0,010$. Nie sposób nie ulec wrażeniu, że obserwacje astronomiczne wskazują na to, że obecny stan Wszechświata posiada szczególnie dostrojone parametry. Nie jest to bynajmniej potwierdzenie słabej zasady antropicznej, ponieważ obecny stan Wszechświata jest osiągalny przez generyczny zbiór warunków początkowych. To przemawia raczej za słusnością zasady indyferentyzmu, niż za zasadą antropiczną [4].

Smoot spróbował także oszacować informacyjną zawartość Wszechświata i obliczył, że obserwowalny dzisiaj Wszechświat posiada bardzo małą informację, mianowicie jego stan jest scharakteryzowany przez 20 parametrów (12 bitów) plus równanie fizyki i statystyki. Dla porównania zawartość informacyjna Wszechświata infla-

⁴ BBN – *big bang nucleosynthesis* – proces pierwotnej nukleosyntezy.

⁵ SDSS – *Sloan Digital Sky Survey*.

cyjnego wynosi 10^{10} bitów. Smoot stawia pytanie: dlaczego informacyjna zawartość obserwowalnego Wszechświata jest tak mała? O ile pytanie to jest faktycznie interesujące, o tyle estymacje informacyjnej zawartości Wszechświata pozostawiają wiele do życzenia. Przecież informacyjna zawartość równań fizyki i statystyki może być nieskończona. Smoot na tej podstawie twierdzi, że Wszechświat powstał ze stanu prawie bez informacji⁶. Poprzestanie na informacji pochodzącej jedynie od określenia parametrów kosmologicznych, a pominięcie zawartości informacyjnej niesionej przez same prawa jest czymś niezrozumiałym. Jak zmierzyć zawartość informacyjną równań FRW, reguł przyporządkowującym pojęciom modelu ich obserwacyjne sensy, pozostaje pytaniem otwartym. Oczywiście można zastosować koncepcję złożoności algorytmicznej Kołmogorowa – długość binarnych kodów wyrażonych w bitach – do pomiaru złożoności rozkładu zimnych i ciepłych plam anizotropii w mapach CMB [5]. Smoot funduje nam filozofię „cosmological koans”, której treścią są dwie podstawowe tezy. Pierwsza teza głosi, że najmniejsze i największe elementy przyrody są „widziane” przez CMB; druga – że Wszechświat powstał ze stanu bez informacji.

Smoot zwrócił również uwagę na to, że nowe koncepcje w samej kosmologii mogą generować nowe pytania, np.: Co było przed Wielkim Wybuchem? Czy istnieje wiele światów, które prowadzą grę w życie, a Wszechświat wyłania się emergentnie jako wynik tej gry?⁷ Ta ostatnia myśl wydaje się być inspirowana grą *live*. Ostatnio również w renomowanym piśmie „Nature” pojawiła się krótka praca M. Tegmarka [6], w której autor odwołuje się do koncepcji wieloświatowej H. Everetta [7]. Rozwija koncepcję gry typu automaty komórkowe w przestrzeni wielu światów. Zasadami gry rządzą prawa mechaniki kwantowej. Tegmark idzie bardzo daleko, mówiąc o „Science of Philosophy”. Co więcej, twierdzi, że koncepcja Everetta będzie falsyfikowalna przez przyszłe eksperymenty fizyczne. Dlaczego życie nie wybrało tego typu rozwiązań, tylko unikalny Wszechświat o własnościach (parametrach) dostrojonych do życia? Jakie są reguły tej gry w sytuacji, gdy prawa kwantowej grawitacji nie są znane? Twierdzenie, że Wszechświat jest symulacją prowadzoną przez komputer kwantowy, rodzi w tym momencie pytanie: gdzie jest obserwator? Wreszcie: co to znaczy, że życie we Wszechświecie prowadzi grę?⁸ Jest wiele pytań, które rodzi koncepcja Smoota uwikłanych w kontekst kwantowego opisu Wszechświata, którego jeszcze nie znamy. Poczekajmy – w filozofii pośpiech nie jest wskazany.

⁶ „the Universe began with almost no information”.

⁷ Chodzi tu o tzw. *Conway's Game of Life* (por. Wikipedia). W naszym jednak przypadku zamiast komórek w grze biorą udział wszechświaty z multiversa.

⁸ G. Ellis dokonał ważnego rozróżnienia pomiędzy multiverse (wieloświatem) a ensemblem (zespółem wszechświatów). Elementy wieloświata w odróżnieniu od ensemble'a (światy paralelne bez związku przyczynowego) posiadają wspólną genezę i są przez to przyczynowo powiązane (np. powstały z kwantowej fluktuacji próżni [8]). Gdyby wszechświaty uczestniczyły w Game of Life, musiałyby być elementami multiverse'a.

Reasumując, koncepcja wyselekcjonowania obserwowalnego Wszechświata, favoryzującego życie w obecnej postaci, wydaje się być niejasna. Problem jednak pozostaje pytanie, jak możliwe jest to, że parametry kosmologiczne przyjmują wartości sprzyjające życiu biologicznemu, „nic o sobie nie wiedząc”. Jest to problem wyjaśnienia koincydencji antropicznych. Ks. J. Turek słusznie zalicza ten problem do obszaru filozofii kosmologii. Widzimy, że kosmologia jak żadna inna dyscyplina fizyczna jest od samego początku uwikłana w problemy filozoficzne, ponieważ podmiot poznający jest elementem układu będącego zbiorem wszystkich zdarzeń. Kolokwium w Paryżu było tego koronnym świadkiem. Można również dostrzec konieczność stawiania pytań filozoficznych z towarzyszącą im nieporadnością i amatorstwem w ich rozwiązywaniu. Nigdy tak mocno nie odczuwałem użyteczności filozofii jak w kontekście filozoficznych wynurzeń kosmologów podczas kolokwium w Obserwatorium Paryskim.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Cole S. P., *The State of The Universe*, „Nature” Vol. 433, Nr 7023, 2005, s. 248-256.
- [2] Islam J. N., (2002), *An introduction to mathematical Cosmology*, Cambridge University Press.
- [3] Szydłowski M., (1997), *Czy wszechświat jest prostym układem dynamicznym o złożonym zachowaniu?*, „Roczniki Filozoficzne” 45, z. 3, s. 49-73.
- [4] Szydłowski M., Golbiak J., (2006), *Filozoficzny wybór pomiędzy zasadą indyferentyzmu a zasadą szczególnego dostrojenia*, „Roczniki Filozoficzne” 54, nr 2, s. 231-253.
- [5] Gurzadyan V. G., (1999), *Kolmogorov Complexity, Cosmic Microwave Background Maps and the Curvature of the Universe*, „Europhysics Letters” Vol. 46, s. 114-117.
- [6] Tegmark M., (2007), *Many lives in many worlds*, „Nature” Vol. 448, Nr 7149, s. 23-24.
- [7] Everett H., [w:] *The Many-Worlds Interpretation of Quantum Mechanics*, B. S. De Will, N. Graham (eds.), Princeton: Princeton University Press 1973.
- [8] Szydłowski M., Golbiak J., (2006), *Fomin's conception of quantum cosmogenesis* [astro-ph/0604005].

Ks. Jacek Golbiak
Katedra Fizyki Teoretycznej KUL