

Jan Such

Rozwój Wszechświata w ujęciu kosmologicznym oraz filozoficznym

I. Wstęp

Kosmologia jest obecnie określana jako nauka o **powstaniu, ewolucji i budowie Wszechświata**. Jako nauka ukształtowała się ona w 1917 roku, kiedy to Einstein zastosował do badań nad Wszechświatem ogólną teorię względności (OTW), którą zbudował w roku 1915. W ten sposób powstała **kosmologia relatywistyczna**, która początkowo ujmowała świat **statycznie**, to znaczy tak, jak gdyby się on w ogóle nie rozwijał. Już jednak Friedman doszedł do przekonania, że OTW nie jest zgodna ze statycznym modelem Wszechświata, że Wszechświat jest układem dynamicznym, który albo się rozszerza, albo się kurczy.

W roku 1929 Hubble wykazał, że widmo światła odległych galaktyk jest przesunięte ku czerwieni, co świadczy o tym, że **galaktyki oddalają się od siebie z szybkością proporcjonalną do ich odległości**. Wynik ten nazwano **prawem Hubble'a**. Na podstawie prawa Hubble'a można było obliczyć, kiedy galaktyki znajdowały się razem, tzn. kiedy rozpoczął się okres „rozszerzania się Wszechświata”. Moment ten nazwano **Wielkim Wybuchem**, a jego teorię – **Teorią Wielkiego Wybuchu**. Wielki Wybuch miał miejsce około 15 mld lat temu.

W roku 1948 Gamow przewidział, że jedną z pozostałości po Wielkim Wybuchu jest tzw. **kosmiczne promieniowanie reliktywne** (nazywane też **promieniowaniem tła**). Jego odkrycie w roku 1965 przez Pen-

ziasa i Wilsona uznano za ostateczne potwierdzenie Teorii Wielkiego Wybuchu.

Badanie faz w ewolucji Wszechświata doprowadziło do powstania **Standardowego Modelu Ewolucji Kosmologicznej**.

II. Standardowy Model Ewolucji Kosmologicznej (Ewolucja Wszechświata w ujęciu kosmologicznym)

Standardowy Model Ewolucji Kosmologicznej ujmuje rozwój Wszechświata w wymiarze kosmologicznym. Początkowo był on opracowany na gruncie OTW. Opracowanie to nazywa się jego ujęciem klasycznym.

1. Ujęcie klasyczne

Zgodnie z Modelem Standardowym Wszechświat w swym rozwoju przeszedł 5 faz zwanych erami kosmologicznymi. Pierwsze ery trwały niesłychanie krótko, gdyż przebieg procesów był wówczas nader szybki.

1. Era pierwsza – to era grawitacji kwantowej (zwana też erą Plancka). Trwała ona od momentu Wielkiego Wybuchu ($t = 0$) do tzw. progu Plancka, czyli do czasu $t = 10^{-43}$ sek.

Wszechświat w momencie Wielkiego Wybuchu zwany jest też **punktową osobliwością** kosmologiczną. Z OTW wynika, że Wszechświat miał wtedy zerowe wymiary przestrzenne (był punktem: $l = 0$) i czasowe ($t = 0$), lecz za to posiadał nieskończoną gęstość ($G = \infty$), nieskończoną temperaturę ($T = \infty$), nieskończone ciśnienie ($P = \infty$) oraz nieskończoną krzywiznę czasoprzestrzeni ($K = \infty$). Należy od razu zaznaczyć, że taki opis stanu początkowego Wszechświata nie zgadza się z mechaniką kwantową (MQ), która prowadzi do wniosku, że takie parametry jak gęstość, temperatura, ciśnienie itp. miały wówczas ogromne wartości, lecz nie mogły być nieskończone.

Era grawitacji kwantowej jest tym okresem w ewolucji Wszechświata, o którym nic pewnego nie wiemy. Jest to wynikiem faktu, że gęstość materii w czasie progu Plancka ($t = 10^{-43}$ sek.) wynosiła 10^{94} g/cm³, przy tej zaś gęstości teorie współczesnej fizyki przestają dawać poprawne wyniki. Sądzi się, że dopiero przyszła teoria kwantowej grawitacji (która będzie prawdopodobnie połączeniem OTW z MQ) wyjaśni, co działo się przed progiem Plancka, czyli w erze grawitacji kwantowej, nazywanej w

fizyce „terra incognita” (ziemia nieznaną)¹.

2. Era druga – to era hadronowa. Trwa ona od progu Plancka ($t = 10^{-43}$ sek.) do czasu $t = 10^{-4}$ sek. W erze hadronowej powstają cząstki ciężkie zwane hadronami (do nich należą także nukleony, to znaczy proton i neutron, wchodzące w skład jądra atomowego). Przed ich powstaniem istniała tzw. plazma kwarkowo-gluonowa, to znaczy kwarki i gluony, stanowiące składniki hadronów, znajdowały się wówczas w stanie swobodnym (obecnie można je obserwować jedynie w „stanie uwięzionym” w hadronach i mezonach). Warto przy okazji odnotować, że pod koniec 1999 roku w europejskim ośrodku badawczym CERN pod Genewą plazma kwarkowo-gluonowa, która istniała w stanie naturalnym, gdy Wszechświat liczył sobie zaledwie jedną stutysięczną sekundy (po Wielkim Wybuchu) została wytworzona sztucznie w laboratorium przez zespół fizyków z 20 krajów, w tym także z Polski.

W erze hadronowej Wszechświat stał się dwuskładnikowy: obok hadronów istniało „tło” czasoprzestrzenne, czyli istniała czasoprzestrzeń, w której hadrony się poruszały.

3. Trzecia era – to era leptonowa. Trwa ona od $t = 10^{-4}$ sek. do $t = 10$ sek. W tym okresie przewagę w budowie Wszechświata uzyskują cząstki lekkie zwane leptonami (należą do nich np. elektrony oraz neutrina). Gdy Wszechświat liczył sobie ok. 2 sek. od Wielkiego Wybuchu droga swobodna neutrina wydłużyła się tak, że przestały one oddziaływać z resztą materii. W ten sposób powstało tzw. **tło neutrinowe**, które jeszcze czeka na swojego odkrywcę (neutrina to cząstki o ogromnej przenikliwości, nie istnieje dla nich „mur chiński” nie do przebycia, dlatego są one trudne do odkrycia. Niemniej neutrina obecnie wytwarzane, np. w Słońcu, są rejestrowane, z tym tylko, że są one znacznie zasobniejsze w energię niż neutrina „tła neutrinowego”).

W erze leptonowej Wszechświat jest trójskładnikowy: składa się z leptonów, tła neutrinowego oraz czasoprzestrzeni.

4. Czwarta era – to era promienista, w której przewagę uzyskuje nie zwykła materia (nazywana materią korpuskularną lub koinomaterią)

¹ Nowikow, chcąc udobitnić czytelnikowi jak niewiele wiemy o pierwszych erach kosmologicznych, przytoczył następującą parodię pióra Arkadego Awerczenki: „Historia madiamitów jest mroczna i tajemnicza. Niemniej uczeni dzielą ją na trzy okresy: pierwszy, o którym nic nie wiadomo; drugi, o którym wiemy niemal tyle samo co o pierwszym; i trzeci, który następował po dwóch pierwszych” (Nowikow, 1995, s. 153).

lecz **promieniowanie**, to znaczy światło, które jest polem elektromagnetycznym o określonej długości fali. Trwa ona od czasu $t = 10$ sek., do czasu, gdy Wszechświat osiąga wiek 1 mld lat. Milion lat po Wielkim Wybuchu z cząstek elementarnych zaczęły masowo powstawać atomy, co sprawiło, że Wszechświat stał się „przezroczysty” dla promieniowania elektromagnetycznego. Oddzieliło się ono od reszty materii i utworzyło „kosmiczne promieniowanie tła” (promieniowanie reliktowe) odkryte w roku 1965 przez Penziasa i Wilsona.

W erze promienistej Wszechświat stał się czteroskładnikowy: obok atomów istniało promieniowanie neutrinowe, promieniowanie reliktowe oraz istniała czasoprzestrzeń.

5. Piąta era – to era galaktyczna, która trwa od $t = 1$ mld lat do chwili obecnej, gdy Wszechświat liczy sobie około 15 mld lat. Jest to era kształtowania się galaktyk (z których każda stanowi ogromne skupisko materii złożone przeważnie z miliardów gwiazd) oraz gwiazd.

Powstaje pytanie, jakie będą dalsze losy Wszechświata. Teoretycznie rysują się tu dwie możliwości: albo Wszechświat będzie rozszerzał się w nieskończoność, stając się coraz rzadszym, albo też po okresie rozszerzania nastąpi okres kurczenia się Wszechświata, czyli faktycznie jego przeistoczenia się w jedną olbrzymią czarną dziurę. Najnowsze obserwacje zjawiska „ucieczki galaktyk” zdają się prowadzić do wniosku, że Wszechświat będzie się rozszerzał w nieskończoność (co jest równoznaczne z wnioskiem, że Wszechświat jest materialnie i przestrzennie nieskończony).

2. Teoria inflacji

Teoria Wielkiego Wybuchu oraz Standardowy Model Ewolucji Kosmologicznej w swym klasycznym (opartym jedynie na OTW) sformułowaniu nie były jednak w stanie wyjaśnić pewnych ważnych cech współczesnego Wszechświata.

W szczególności nie potrafiły wyjaśnić, **dłaczego Wszechświat jest płaski** (to znaczy odznacza się małą lub zgoła zerową krzywizną czasoprzestrzeni, jest z dużą dokładnością euklidesowy) oraz **dłaczego jest jednorodny** (wszędzie jednakowo gęsty w wielkiej skali). W celu przezwyciężenia tych i innych trudności zwrócono się do mechaniki kwantowej oraz teorii cząstek elementarnych i opracowano tzw. **teorię inflacji** (pierwsza wersja tej teorii pochodzi od Gutha). Zgodnie z teorią in-

flacji, gdy Wszechświat znajdował się w erze hadronowej i liczył sobie około 10^{-35} sek. nastąpiła **faza inflacyjna**, to znaczy **okres przyspieszonego wykładniczego rozszerzania się Wszechświata** (rozszerzanie wykładnicze to takie, w którym obiekt kolejno podwaja swoją wielkość w ciągu określonego stałego interwału czasu). W niezmiernie krótkim czasie (od $t = 10^{-35}$ sek. do $t = 10^{-32}$ sek.) Wszechświat rozszerzył się o współczynnik 10^{30} (lub nawet 10^{50}), podczas gdy w okresie całej, ok. 15 mld lat trwającej ewolucji, rozszerzył się o współczynnik 10^{60} (czyli rozszerzył się 10^{60} razy). Znaczący to, że w ciągu tego niesłychanie krótkiego okresu Wszechświat rozszerzył się w co najmniej tym samym stopniu, w jakim rozszerzył się w ciągu pozostałej 15 mld lat trwającej ewolucji i że z mikroobektu Wszechświat przemienił się w tym czasie (tzn. w okresie inflacji) w makroobekt. Przy tym dzięki niebywałemu zwiększeniu objętości Wszechświat się „wygładził” (podobnie jak wygładza się powierzchnia nadmuchiwanego balonu) oraz „wyprostował” (powierzchnia nadmuchiwanego balonu staje się coraz bardziej płaska, przypominająca płaszczyznę), co rozwiązuje problem jednorodności oraz płaskości Wszechświata.

Należy zaznaczyć, że aczkolwiek także teoria inflacji została potwierdzona (m.in. przez wyniki uzyskane przez satelitę Cobe w 1992 roku), to jednak nie jest ona tak pewna jak Teoria Wielkiego Wybuchu. Dlatego niektórzy wybitni uczeni (np. Penrose), uznając teorię Wielkiego Wybuchu oraz Standardowy Model Ewolucji Wszechświata, nie godzą się jednak na teorię inflacji, i sądzą, iż jest to sztuczny twór wymyślony ad hoc dla wzmocnienia tamtych teorii.

Tak czy inaczej kosmologiczna teoria rozwoju Wszechświata nie może być uznana za zakończoną. W roku 2000 dokonano kolejnego wielkiego odkrycia rzucającego nowe światło na ewolucję Wszechświata. Mianowicie, dotąd sądzono, że grawitacja spowalnia w miarę upływu czasu oddalanie się galaktyk od siebie („ucieczkę galaktyk”), w związku z czym w dyskusjach brano pod uwagę trzy modele „przyszłej” ewolucji Wszechświata, opracowane już przez Friedmana:

(1) model, w którym Wszechświat, po okresie rozszerzania zacznie się kurczyć (co prowadzi do wniosku, że ogólna krzywizna czasoprzestrzeni Wszechświata jest dodatnia, czyli jest zakrzywieniem Riemanna, a sam Wszechświat jest przestrzenią i materialnie skończony, chociaż nieograniczony),

(2) model, w którym Wszechświat będzie się wciąż rozszerzał, ale z

prędkością zmierzającą do zera (co oznacza, że Wszechświat jest płaski, czyli euklidesowy, a zatem nieograniczony i nieskończony),

(3) model, w którym Wszechświat rozszerza się coraz wolniej, jednakże z prędkością zawsze większą od zera (w tym wypadku czasoprzestrzeń jest zakrzywiona ujemnie, czyli jest czasoprzestrzenią Łobaczewskiego, co także oznacza, że Wszechświat jest nieograniczony i nieskończony).

Tymczasem wiosną 2000 roku doniesiono, że nowe pomiary prędkości oddalania się galaktyk prowadzą do wniosku, że galaktyki oddalają się w miarę upływu czasu **coraz szybciej**, co przeczy wszystkim trzem podanym modelom. Zdaniem wielu badaczy prowadzi to do wniosku, że tzw. **stała kosmologiczna** (którą niegdyś wprowadził Einstein i której wprowadzenie uznał za „największą pomyłkę swego życia”) **ma niezerową wartość**, co skutkuje właśnie pojawieniem się – obok sił grawitacyjnego przyciągania – także sił odpychania się galaktyk od siebie na wielkich odległościach. Tak się przedstawia na dzień dzisiejszy ewolucja Wszechświata w ujęciu (czy wymiarze) kosmologicznym. A jak wygląda ona w ujęciu (wymiarze) filozoficznym?

III. Ewolucja Wszechświata w ujęciu filozoficznym

Ujęcie filozoficzne ewolucji Wszechświata w jednym istotnym punkcie różni się od ujęcia kosmologicznego. Kosmologia jest nauką fizyczną (jest działem astrofizyki, ta ostatnia zaś jest działem fizyki – jest „fizyką nieba”), jej „punkt widzenia” jest zatem punktem widzenia jednej nauki (fizyki). Filozofia natomiast, rozpatrywana jako pewna ogólna wizja świata, dokonuje syntezy osiągnięć różnych nauk (i nie tylko nauk), dlatego jej „punkt widzenia” jest punktem widzenia „ogólnonaukowym”, tzn. uwzględniającym wszystkie nauki (całość nauki). W szczególności filozofia musi brać pod uwagę punkt widzenia tak ważnych nauk, jak chemia, biologia, psychologia oraz nauki społeczne, nie zaś tylko punkt widzenia fizyki.

W ujęciu filozoficznym można wyróżnić cztery fazy ewolucji Wszechświata: fizyczną, chemiczną, biologiczną oraz społeczną (inaczej kulturową).

1. Faza fizycznej ewolucji trwała od Wielkiego Wybuchu do powstania atomów, czyli do czasu, gdy Wszechświat osiągnął 1 mln lat. W ciągu owego miliona lat we Wszechświecie zachodziły przemiany czy-

sto fizyczne, gdyż procesy chemiczne polegają na związkach między atomami, a te jeszcze wówczas nie istniały.

2. Faza ewolucji chemicznej trwała od powstania atomów aż do powstania życia. W tej fazie do ewolucji fizycznej „dołączyła się” ewolucja chemiczna, polegająca na powstawaniu (w gwiazdach) coraz cięższych pierwiastków, a następnie na kształtowaniu się coraz bardziej złożonych substancji chemicznych: nieorganicznych i organicznych.

3. Faza ewolucji biologicznej pojawiła się wraz z powstaniem życia na Ziemi (i prawdopodobnie gdzie indziej). Z tym, że datując tę fazę, nie możemy obierać za punkt zerowy mierzenia czasu moment Wielkiego Wybuchu, gdyż nie wiemy dokładnie, kiedy on miał miejsce. Wiemy raczej tylko tyle, że Wielki Wybuch zaistniał około 15 mld lat temu, z dokładnością do 5 mld lat, to znaczy, że dokonał się w czasie 10-20 mld lat temu.

Z drugiej strony wiemy (i to z dużo większą dokładnością), że życie na Ziemi trwa około 4 mld lat, dlatego obieramy w tym wypadku za „punkt” wyjściowy mierzenia czasu nie moment Wielkiego Wybuchu lecz teraźniejszość. Najstarsze wykopaliska świadczące o istnieniu życia na Ziemi (czyli najstarsze odnalezione ślady życia) są datowane obecnie na 3,7-3,8 mld lat. Dalsze postępy paleontologii (czyli nauki o historii życia na Ziemi) mogą ten okres jeszcze nieco wydłużyć, ale nie za wiele, jeśli się zważy, że sama Ziemia powstała 4 mld 550 mln lat temu (z dokładnością do 10 mln lat).

Ewolucja biologiczna na Ziemi trwa zatem około 4 mld lat (z dokładnością do 200 mln lat). Tyle czasu było potrzeba naturze, by ewolucja biologiczna doprowadziła do powstania człowieka. Warto odnotować, że nowe odkrycia naukowe czynią coraz większym prawdopodobieństwo powstania i istnienia życia także poza Ziemią. Ma się tu na uwadze takie fakty, jak odkrywanie w sąsiedztwie układu słonecznego coraz to nowych planet i układów planetarnych, odkrycie lodu (a nawet wody) na innych ciałach niebieskich (planetach, księżycach, kometach) oraz duże rozpowszechnienie rozmaitych substancji organicznych we Wszechświecie.

4. Faza ewolucji społecznej (kulturowej) zaczyna się wraz z pojawieniem się człowieka współczesnego, datowanym obecnie na około 200 tys. lat temu. Wtedy to u naszego przodka ukształtowały się wszystkie 4 atrybuty przypisywane zazwyczaj ludziom (atrybuty człowieczeństwa). Są nimi: (1) postawa wyprostowana, która pozwoliła człowiekowi

uwolnić rękę od funkcji poruszania się i przekształcić ją w najdoskonalsze jak dotąd narzędzie manipulacji (nasz przodek, australopitek posiadał zdolność poruszania się w postawie wyprostowanej 4-5 mln lat temu); (2) zdolność do systematycznego wytwarzania i posługiwania się narzędziami pracy (ujawnioną przez naszych przodków ok. 2 mln lat temu); (3) zdolność do myślenia abstrakcyjnego (pojęciowego) oraz (4) posługiwanie się mową artykułowaną, opanowane przez naszych przodków jakieś 200 tys. lat temu.

Rozwój Wszechświata zapoczątkowany przemianami czysto fizycznymi, który doprowadził poprzez przemiany chemiczne do powstania życia, a następnie świadomości (zgodnie ze schematem: materia \circ życie \circ świadomość), świadczy o postępowym charakterze ewolucji Wszechświata. Świadczy o tym, że przyroda wspina się jakby po drabinie, osiągając coraz to wyższe szczeble, czyli doskonalsze formy organizacji.

IV. Kosmologia współczesna – nie tylko nauką o ewolucji i budowie, lecz także o pochodzeniu Wszechświata

Na zakończenie warto podkreślić, że kosmologia naukowa (fizyczna) w swym rozwoju przeszła przez trzy etapy.

W latach 1917-1930 była raczej tylko **nauką o budowie** Wszechświata, gdyż przekonanie o **niezmienności** Wszechświata było (wówczas i wcześniej) tak mocno ugruntowane w świecie naukowym, że nawet Einstein długo nie był w stanie z niego zrezygnować.

W latach 1930-1970 kosmologia rozszerza swój przedmiot i staje się **nauką o ewolucji i budowie** Wszechświata. W tym czasie upada tzw. teoria stanu stacjonarnego (opracowana przez Hoyle'a, Bondiego i Golda), zakładająca niezmiennosc Wszechświata (nieobecność we Wszechświecie wielkoskalowych przemian, czyli procesów niestacjonarnych).

Poczynając od lat 70., kosmologia kwantowo-relatywistyczna (dzięki wprowadzeniu do rozważań nad Wszechświatem jako całością mechaniki kwantowej i innych teorii mikrofizycznych) podejmuje problem **pochodzenia** Wszechświata, a zatem przedmiot jej badań staje się trójzakresowy: obecnie jest to **nauka o pochodzeniu, ewolucji oraz budowie Wszechświata**.

Kosmologowie kwantowi są przekonani (przynajmniej niektórzy z nich), że kosmologia zjednoczona z mikrofizyką (pamiętajmy, że „na początku”, tzn. w okolicach Wielkiego Wybuchu Wszechświat był jed-

nocześnie obiektem kosmicznym, ze względu na olbrzymią masę i energię, oraz mikroobiektem, z uwagi na wymiary przestrzenne i, być może czasowe) jest w stanie rozwiązać wielką zagadkę, nad którą od tysiącleci biedzą się teolodzy oraz filozofowie – zagadkę **genezy Wszechświata**. Mniej optymistyczni natomiast przypuszczają, że rozwiązanie tego problemu przypadnie przyszłej teorii grawitacji kwantowej.

Literatura:

1. Barrow, J.: *Początek Wszechświata*, Warszawa 1995.
2. Davies, P.: *Bóg i nowa fizyka*, Warszawa 1996.
3. Goldsmith, D.: *Największa pomyłka Einsteina?*, Warszawa 1998.
4. Hawking, St.: *Czarne dziury i wszechświaty niemowlęce*, Poznań 1997.
5. Hawking, St.: *Krótką historia czasu*, Warszawa 1990.
6. Heller, M.: *Ewolucja kosmosu i kosmologii*, Warszawa 1985.
7. Heller, M.: *Nauka i wyobrażenia*, Kraków 1995.
8. Heller, M.: *Osobliwy Wszechświat*, Warszawa 1991.
9. Heller, M.: *Wieczność – Czas – Kosmos*, Kraków 1995.
10. Kaku, M.: *Hiperprzestrzeń*, Warszawa 1997.
11. Linde, A.: *Samopomnażający się Wszechświat inflacyjny*, „Świat Nauki” nr 1, 1995, s. 32-39.
12. Nowikow, I.: *Czarne dziury i Wszechświat*, Warszawa 1995.
13. Rees, H.: *Przed początkiem*, Warszawa 1998.
14. Such, J., Szcześniak, M., Szczuciński, A.: *Filozofia kosmologii*, Poznań 2000.
15. Taylor, J.: *Czarne dziury: koniec Wszechświata?*, Warszawa 1987.
16. Weinberg, St.: *Pierwsze trzy minuty*, Warszawa 1980.
17. Weinberg, St.: *Sen o teorii ostatecznej*, Warszawa 1994.