

Skarżyński, Edmund

O tak zwanej uogólnionej zasadzie Kopernika

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 18/3, 567-581

1973

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



O TAK ZWANEJ UOGÓLNIONEJ ZASADZIE KOPERNIKA



ocznica pięćsetlecia urodzin Mikołaja Kopernika spowodowała, że zarówno w piśmiennictwie naukowym, jak i w prasie ukazało się i ukazuje coraz więcej artykułów dotyczących życia oraz działalności tego największego astronoma wszystkich czasów. Ze zdziwieniem można jednak odnotować fakt, że brak jest prac, które udzielałyby odpowiedzi na pytanie: jak partycypują idee kopernikańskie w tym, co nazywamy współczesną kosmologią. Współczesna kosmologia jest nauką o strukturze i ewolucji Wszechświata jako pewnej fizycznej całości. Jest ona nauką z pogranicza fizyki teoretycznej oraz astronomii pozagalaktycznej. W XX w. obserwujemy olbrzymi postęp w dziedzinie badań kosmologicznych, które gruntownie zmieniły nasz obraz Wszechświata. Wydaje się więc, że udzielenie odpowiedzi na to pytanie jest podstawową sprawą w ocenie działalności naukowej wielkiego polskiego uczonego.

W niniejszym artykule zajmiemy się zatem najpierw kosmologią starożytną oraz kosmologią Kopernika. Następnie omówimy podstawowe założenia współczesnej kosmologii, tj. zasadę kosmologiczną, wskazując, że zawiera ona dwa założenia: uogólnioną zasadę Kopernika oraz założenie o jednorodnym i izotropowym rozkładzie materii (energii) we Wszechświecie. W dalszej kolejności rozważymy status epistemologiczny składowych uogólnionej zasady Kopernika, zaś w zakończeniu — związku między składowymi zasady kosmologicznej.

1. KOSMOLOGIA STAROŻYTNA

Rozważania kosmologiczne zostały podjęte już w zaraniu dziejów. Pierwsze koncepcje kosmologiczne mają formę mitów. Egipcjanie np. wyobrażali sobie Ziemię jako teren pozostający w zasięgu ich cywilizacji. Według nich niebo stanowiło powierzchnię wypukłą, do której przymocowane były gwiazdy. Ziemię utrzymywała woda, zaś między powierzchnią Ziemi a Niebem znajdowało się powietrze. Bóg Słońca, Re, w dzień odbywał wędrowkę łodzią przez powietrze, natomiast w nocy drugą łodzią płynął wodą. Te naiwne wyobrażenia, a także proste obserwacje, stopniowo doprowadziły do koncepcji Wszechświata dwusferycznego: jedną

kulistą sferę miała stanowić Ziemia, drugą zaś — sfera gwiazd stałych¹.

Pierwszym zwolennikiem tej koncepcji był prawdopodobnie Pitagoras. Dla większości jego uczniów Wszechświat zbudowany był z przezroczystych sfer, unoszących ciała niebieskie i otaczających kulistą Ziemię. Najbliższa Ziemi sfera należała do Księżyca, pozostałe należały do planet, ostatnia zaś na zewnątrz, obracająca się raz w ciągu doby, była sferą gwiazd stałych.

Od IV w. p.n.e. większość astronomów i filozofów była zdania, że Ziemia jest niewielką i nieruchomą kulą, która tkwi w centrum obracającej się sfery, unoszącej gwiazdy.

Koncepcja Wszechświata dwusferycznego miała jednak przeciwników. I tak uczeń Pitagorasa, Filolaos, w końcu V stulecia p.n.e. wyraził następujący pogląd: w środku Wszechświata znajduje się nie Ziemia, lecz ogień centralny — ołtarz Zeusa. Ogień ten miał być z Ziemi niewidoczny, zaludnione bowiem jej obszary zwrócone były zawsze w przeciwnym kierunku. Dokoła ognia centralnego ruchem kołowym obracało się dziesięć planet: Merkury, Venus, Mars, Jowisz, Saturn, Słońce, Księżyc, Ziemia, Droga Mleczna i Przeciw-Ziemia, wymyślona dodatkowo ze względu na parzystość liczby 10, tak jak tego wymagała mistyczna nauka pitagorejczyków o liczbach.

Współczesny Filolaosowi pitagorejczyk, Hiketas z Syrakuz, utrzymywał również, że Ziemia się porusza.

Herakleides z Pontu (IV w. p.n.e.) był przekonany, że dzienny obrót wykonuje Ziemia, a nie sfera gwiezdna, oraz że planety: Merkury i Venus obracają się ruchem kołowym dokoła Słońca, a nie Ziemi. W tym samym czasie pitagorejczyk Ekfantos zasugerował myśl, że Ziemia obraca się ruchem obrotowym wokół własnej osi. Jeszcze później, w połowie III w. p.n.e., Arystarch z Samos wysunął ideę, zgodnie z którą środkiem sfery niebieskiej jest Słońce, zaś Ziemia — jako jedna z planet — porusza się wokół niego ruchem kołowym.

Nadmienimy też, że pogląd odmienny od koncepcji Wszechświata dwusferycznego wyrażali jeszcze w V w. p.n.e. greccy atomiści. Leukipp i Demokryt uważali, że Wszechświat jest nieskończony, że istnieje nieskończona liczba światów we Wszechświecie. Ziemia — zdaniem greckich atomistów — była jednym z wielu ciał niebieskich powstałych z połączenia się atomów.

Obserwacje, jakich dokonywali starożytni, przemawiały jednak za modelem dwusferycznym, i dlatego ów model zyskał sobie największą popularność wśród uczonych starożytności.

Przyjmując system dwusferyczny należało jednak wyjaśnić sprawę ruchu planet. W tej kwestii Platon wysunął tezę, że obserwowane ruchy ciał niebieskich muszą się odbywać jako jednostajne ruchy okrężne².

Pierwszą matematyczną koncepcję układu planetarnego podał uczeń Platona, Eudoksos z Knidos (około 408—355 p.n.e.). Uczony ten udoskonalił system Pitagorasa, przypisał bowiem każdej planecie kilka sfer koncentrycznych. Sfery te obracały się jednostajnie wokół różnych osi, wywołując tym samym obserwowany ruch planety.

Eudoksos przyjmował dla Słońca i Księżyca po 3 sfery, zaś dla każdej innej planety — po cztery. Sferą zewnętrzną była raz obracająca się

¹ T. S. Kuhn: *Przewrót kopernikański*. Warszawa 1968 s. 53.

² A. C. Crombie: *Nauka średniowieczna i początki nauki nowożytnej*, T. 1. Warszawa 1960 s. 103.

w ciągu doby sfera gwiazd stałych; jej oś przechodziła przez północny i południowy biegun niebieski.

Oś sfery wewnętrznej przecinała sferę zewnętrzną w dwóch przeciwnych punktach, odległych od biegunów o $23,5^{\circ}$. System Eudoksosa składał się z 27 sfer. Uczeń Eudoksosa, Kalippos, do owego systemu dodał 7 dodatkowych sfer.

Pierwszej syntezy wiedzy o Wszechświecie, syntezy astronomicznej i fizycznej, dokonał Arystoteles (384—322 p.n.e.).

Wszechświat Arystotelesa był samoistny, samowystarczalny i nic poza nim nie istniało. Był on wielką, ale skończoną kulą, której środek stanowiła kulista Ziemia; zewnętrzną granicę tego Wszechświata tworzyła sfera gwiazd stałych.

Pod względem geometrycznym Arystoteles powtarzał koncepcję sfer współśrodkowych Eudoksosa i Kalipposa, tylko dodał sfery wyrównujące, tak aby żadna ze sfer związanych z poszczególnymi planetami nie mogła narzucić swego ruchu sferom znajdującym się poniżej niej. Sfery wyrównujące krążyły dookoła tej samej osi (i w ciągu tego samego okresu) co sfery planetarne sąsiadujące z nimi, lecz kierunek ich obiegu był przeciwny.

Ogółem Arystoteles wyliczył 55 sfer oraz jedną sferę gwiazd stałych, czyli 56 sfer.

Sfera gwiazd stałych była źródłem, z którego pochodził wszelki ruch we Wszechświecie. Ruch tej sfery, zwanej przez scholastyków *primum movens* był przekazywany sferom wewnętrznym wobec stykania się sfer. Owo zetknięcie się sfer zapobiegało też powstawaniu próżni, która jest niemożliwa we Wszechświecie Arystotelesa. W koncepcji przestrzeni tego myśliciela każde ciało zajmuje pewne miejsce, więc przestrzeń pusta jest niemożliwa. Za sferą gwiazd stałych nie ma przestrzeni, nie ma bowiem tam już żadnych ciał. Arystoteles uważał, że tworzywo Wszechświata jest niejednorodne. Jest ono złożone z pięciu elementów: ziemi, wody, ognia, powietrza oraz eteru. Każdy element w przypadku braku oddziaływań zewnętrznych zajmuje we Wszechświecie określone miejsce, które jest jego miejscem naturalnym. Ziemia, najcięższy element, znajduje się w środku. Lżejszy element, woda, znajduje się powyżej Ziemi. Miejscem naturalnym powietrza jest warstwa kulista znajdująca się między warstwą wody i ognia. Sferę ognia otaczają przezroczyste sfery zbudowane z eteru, w których umocowane są i krążą ruchem jednostajnym kołowym: Księżyc, Merkury, Wenus, Słońce, Mars, Jowisz i Saturn. Sfera Księżycy dzieli Wszechświat na dwa całkowicie różne obszary, wypełnione inną materią i podlegające różnym prawom fizyki.

Ciała znajdujące się na zewnątrz sfery Księżycy zbudowane są z substancji nieważkiej, czystej, niezmiennej, niezniszczalnej, czyli eteru. Ciała te poruszają się ruchem jednostajnym kołowym, który według Platona jest ruchem najdoskonalszym.

Dla sfer niebieskich pierwotnym źródłem ruchu jest *primum movens*, które przekazywało ruch *primum mobile*, a potem kolejno sferom wewnętrznym.

W obszarze podksiężycowym, złożonym z czterech pozostałych elementów, obowiązywała inna fizyka. Z racji wyróżnienia pozycji Ziemi we Wszechświecie istnieje kierunek „ku górze” oraz „w dół”. Ruchy te określały naturalny ruch pierwiastków, powracających do swoich miejsc naturalnych. Ciała, na które nie działają czynniki zewnętrzne, pozostają

w spoczynku w swoich miejscach naturalnych. W rezultacie oddziaływań czynników poruszających — ciała mogą być wytrącone ze swoich miejsc naturalnych, czyli mogą poruszać się ruchem wymuszonym. Lecz kiedy ciało ulegnie sile wymuszającej, stara się wrócić do swego miejsca naturalnego. Elementy, z których zbudowany jest świat podksiężycowy, mogą się — zdaniem Arystotelesa — przekształcać jedno w drugie.

Sfera Księżyca wnosi nieustanne zakłócenia do świata podksiężycowego, powodując przemieszczenie i przemiany elementów. Ruchami niebios Arystoteles objaśniał więc wszystkie zjawiska. Jak widać, Arystotelesowa koncepcja świata była koncepcją zarówno matematyczną, jak i fizyczną.

Jednak słabością wszystkich systemów, które zakładały, że Wszechświat składa się z szeregu koncentrycznych kul, był fakt, że musiały one przyjmować niezmienną odległość każdego ciała niebieskiego od Ziemi. Systemy te nie objaśniały zmian jasności planet, zmian średnicy Księżyca ani faktu, że zaćmienia Słońca mogą być czasem całkowite, a czasem pierścieniowate. Owe fakty starano się objaśniać za pomocą innych systemów.

I tak dwaj astronomowie i matematycy greccy, Apoloniusz i Hipparch, których prace przypadają na okres od połowy III w. do końca II w. p.n.e., podali nowe matematyczne ujęcie ruchu planet. Metoda ta polegała na przedstawieniu ruchu planety w systemie geocentrycznym jako ruchu będącego zespołem dwóch ruchów jednostajnych: po okręgu, zwanym deferensem, którego środkiem była Ziemia, oraz po niewielkim okręgu zwanym epicyklem, którego środek poruszał się ruchem jednostajnym po deferensie.

Teorię z praktyką obserwacji można było uzgadniać jeszcze w inny sposób. Można np. użyć jednego deferensu, którego środek nie pokrywa się ze środkiem Ziemi. Tego rodzaju okrąg starożytni nazywali ekscentrykiem. Dodatkowe skutki można uzyskać umieszczając środek ekscentryku na małym deferensie lub na innym ekscentryku.

Apoloniusz znał zarówno epicykle, jak i ekscentryki z ruchomymi środkami. Hipparch wzbogacił astronomię o ekscentryki z nieruchomymi środkami oraz podał zadowalające ujęcie nieregularności ruchów Słońca i Księżyca³. Ukoronowaniem osiągnięć astronomii starożytnej był system Ptolemeusza (100—178 n.e.).

Ptolemeusz do znanych metod opisu nieregularności ruchów planet dorzucił metodę ekwantów. Istota owego pomysłu polegała na tym, że środek deferensu unoszącego ciało niebieskie pokrywał się ze środkiem Ziemi, ale deferens obracał się ruchem jednostajnym nie względem swego środka geometrycznego, lecz względem innego punktu, znajdującego się wewnątrz deferensu. Swój system astronomiczny Ptolemeusz wyłożył w dziele *Megale Syntaxis*, które stało się znane w średniowieczu pod zlatynizowaną arabską nazwą *Almagest*.

Założenia systemu wyłożonego w *Megale Syntaxis*⁴ były następujące. Niebo jest sferyczne i porusza się jak sfera; Ziemia jako całość jest sferyczna; Ziemia w stosunku do sfery gwiazd stałych może być uwa-

³ T. S. Kuhn, jw., s. 113.

⁴ Ptolemy Claudius: *The Almagest*. W: *Theories of the Universe* (pod red. M. K. Munitza). New York 1965 s. 104—114.

zana za obiekt punktowy; Ziemia jest centrum Wszechświata; Ziemia jest nieruchoma; formalnie obowiązuje platońska zasada jednostajnego ruchu kołowego.

System wyłożony w *Almageście* był interpretowany przez wielu autorów (np. Tomas Heath, P. Duhem) jako wyłącznie geometryczny. Jednak wydaje się, że ma rację A. C. Crombie⁵, kiedy zauważa, że Ptolemeusz przy wyborze założeń swego systemu kierował się też względami natury fizycznej. Fizyka, jaką stosował Ptolemeusz, była w istocie fizyką Arystotelesa. Pisma Arystotelesa i Ptolemeusza, mimo że nie było między nimi logicznej spójności, dominowały w kosmologicznej myśli Zachodu aż do ukazania się *De Revolutionibus* Kopernika w 1543 r.

Zachowując jednak porządek chronologiczny nadmienimy, że po upadku Zachodniego Cesarstwa Rzymskiego działalność naukowa w Europie ustała, natomiast począwszy od VII w. nastąpił jej bujny rozkwit w świecie islamu. W Europie dopiero od X w. obserwujemy ożywienie życia umysłowego. Ponownie zostaje odkryta kosmologia starożytna.

Dzięki pracom św. Tomasza z Akwinu kosmologia Arystotelesa po niezbędnych modyfikacjach zostaje włączona do istniejącej średniowiecznej teologii.

Coraz częściej pojawiają się krytyczne komentarze do dzieł Stagiryty. I tak krytyka traktatu Arystotelesa o niebie, dokonana w XIV w. przez Mikołaja z Oresme, nasunęła szereg ważnych alternatywnych rozwiązań, między innymi co do ruchu Ziemi.

Nauczyciel Mikołaja z Oresme, Buridan, stosując własną teorię impetusu doszedł do wniosku, że sfery niebieskie nie potrzebują czynników poruszających.

System Ptolemeusza, który dotarł do Europy Zachodniej w XIII w., zaczęto uważać za mało sprawną koncepcję matematyczną, zatem odczuwano potrzebę takiego systemu astronomicznego, który by wyjaśniał ruchy ciał niebieskich oraz ratował „zjawiska” — jak to określali uczeni średniowiecza. Stworzenie takiego systemu było dziełem Kopernika.

2. KOSMOLOGIA KOPERNIKA

Dla obalenia założenia Ptolemeusza o nieruchomości Ziemi i jej centralnej pozycji we Wszechświecie Kopernik w *De revolutionibus* używa sformułowanej już przez Mikołaja z Oresme zasady względności ruchu.

„Dlatego — pisał w księdze 1, rozdziale 10 swego dzieła⁶ — nie wahał się twierdzić, że wszystko, co znajduje się poniżej Księżyca, wraz ze środkiem Ziemi, zakreśla wśród innych planet wielki krąg dokoła Słońca, które jest środkiem świata; a to, co wydaje się być ruchem Słońca, jest w rzeczywistości ruchem Ziemi; i że rozmiary świata są tak wielkie, że odległość Ziemi od Słońca, chociaż znaczna w porównaniu z kręgami innych planet, jest niczym w porównaniu ze sferą gwiazd stałych”.

Wszechświat Kopernika jest nadal Wszechświatem skończonym, chociaż jego objętość jest co najmniej 400 000 razy większa, niż Wszechświata Arystotelesa⁷.

⁵ A. C. Crombie, jw., s. 108.

⁶ A. C. Crombie, jw., t. 2 s. 214.

⁷ T. S. Kuhn, jw., s. 249.

Kopernik przypisał Ziemi jednocześnie trzy ruchy: dzienny obrót wokół osi, roczny obrót po orbicie okołosłonecznej i roczny ruch precesyjny.

Dzięki przyjęciu ruchu dziennego Ziemi Kopernik mógł uznać, że sfera niebieska jako granica skończonego świata pozostaje w spoczynku. A skoro owa sfera pozostaje w spoczynku, to koncentryczne sfery unoszące planety muszą się poruszać same bez żadnych czynników poruszających.

Kopernik przyjmował, że planety same poruszają się ruchem jednostajnym kołowym i taki ruch uważał za naturalny. Powyższa teza Kopernika jest sprzeczna z fizyką Arystotelesa, natomiast jest zgodna z teorią impetusu Buridana, którego prace, być może, Kopernik znał.

Istotą fizyki Kopernika jest ponadto przyjęcie zasady, że ciała w sposób naturalny poruszają się w kierunku większego skupiska materii, z której są zbudowane⁸.

Ponieważ Kopernik w swoim dziele stosował taką samą argumentację w stosunku do Ziemi, co do innych planet, odrzucił tym samym Arystotelesowskie rozróżnienie fizyki ziemskiej i fizyki niebieskiej.

Zatem we Wszechświecie — zdaniem Kopernika — obowiązuje jedna i ta sama fizyka.

Przyjmując system heliostatyczny Kopernik dał jakościowo prostszy opis oraz wyjaśnienie znanych faktów astronomicznych, a także przewidział nowe zjawisko: istnienie rocznych paralaks gwiazd, tj. występowania zmian kątowych w położeniu gwiazd na niebie, spowodowanych rocznym ruchem Słońca. Teoria Kopernika była zatem czuła na falisyfikację.

Jednak system jego nie był wyraźnie prostszy od systemu Ptolemeusza. Kopernik również posługiwał się koncepcją epicykli i ekscentryków, chociaż liczba kół w jego systemie wynosiła 34, gdy tymczasem u Ptolemeusza — 41⁹.

U Arystotelesa przestrzeń, z racji odmiennego statusu Ziemi, była przestrzenią niejednorodną. Przestrzeń w teorii Kopernika jest jednorodna.

Jeśli pewne punkty są wyróżnione, np. Słońce czy środki planet, to — jak to słusznie zauważa M. Heller¹⁰ — nie jest to wyróżnienie geometryczne, lecz fizyczne, ponieważ stanowią dużą masę.

Przestrzeń w teorii Kopernika jest też izotropowa, nie istnieją bowiem kierunki „górną”, „dół”.

Kopernik przyjmował więc jednorodność i izotropowość geometryczną przestrzeni, tzn. żadnych punktów i kierunków nie wyróżniał, oraz tezę uniwersalności przestrzennej zasad fizyki.

Owe fakty można wyrazić krócej w stwierdzeniu, że Ziemia nie znajduje się w jakiejś specjalnie wyróżnionej pozycji we Wszechświecie¹¹. Stwierdzenie to H. Bondi nazywa „zasadą Kopernika”.

Jeszcze inaczej mówiąc, Kopernik traktował wszystkie planety jako zbiór jednorodny.

⁸ M. Heller: *Kopernik jako relatywista*. „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki” 1972 nr 2 s. 235.

⁹ E. Rybka: *Four Hundred Years of the Copernican Heritage*. Kraków 1964 s. 38.

¹⁰ M. Heller, jw.

¹¹ H. Bondi, *Kosmologia*. Warszawa 1965 s. 24.

Kosmologiczną koncepcję Kopernika rozwinęli jego następcy. I tak Tomasz Digges oraz Giordano Bruno wskazywali, iż nie istnieje sfera gwiazd stałych i ciała niebieskie zasiedlają cały nieskończony Wszechświat.

3. ZASADA KOSMOLOGICZNA

Podstawowym założeniem nowoczesnej kosmologii jest zasada kosmologiczna. Termin „zasada kosmologiczna” został użyty po raz pierwszy przez E. A. Milne przed 35 laty¹² i jest terminem obecnie często używanym. Zasadę kosmologiczną najczęściej formuluje się w twierdzeniu, że Wszechświat „jest taki sam w każdym punkcie, jeśli nie uwzględniamy lokalnych nieregularności”¹³. Od razu zasygnalizujemy, że różni autorzy wkładają w tę zasadę różną treść, różnie ją przy tym nazywając.

W tej kwestii G. I. Naan pisze, że „zasada ekstrapolacji oznacza stwierdzenie jednorodności Wszechświata. W literaturze figuruje ona pod nazwami zasady ekstrapolacji, postulatu jednorodności, światowego postulatu uogólnionej zasady Kopernika (nie istnieje centrum Wszechświata), a przede wszystkim jako kosmologiczny postulat (zasada)”¹⁴.

Odnosnie do treści zasady kosmologicznej Naan stwierdza, iż może się ona zmieniać w szerokich granicach. „Z ogólnego punktu widzenia — pisze dalej G. I. Naan — ów postulat mało różni się od filozoficznego postulatu o materialnej jedności świata. W nieco bardziej skonkretyzowanej postaci postulat jednorodności stwierdza, że w całym Wszechświecie (tj. we wszystkich częściach Wszechświata) działa jedna i ta sama fizyka. Jednak w kosmologii idzie się znacznie dalej. Jednorodne i izotropowe modele na przykład buduje się przy założeniu, że przestrzenny rozkład wszystkich rodzajów mas (energii) po uśrednieniu jest wszędzie taki sam, że może być wprowadzony w całym modelu czas „światowy” oraz że trójwymiarowe przekroje przestrzenne czasoprzestrzeni są metrycznie jednorodne”. Na ostatnie cytowane przez nas zdanie zgodziłyby się większość kosmologów, wyraża bowiem ono rzeczywisty stan rzeczy w tej nauce.

Nie zawsze jednak postulat kosmologiczny konkretyzuje się dokładnie, zwłaszcza w popularnych wypowiedziach. H. Bondi¹⁵ np. uważa, że zasada kosmologiczna może być spełniona we Wszechświecie, który ma budowę hierarchiczną, w którym średnia gęstość materii i promieniowania ze wzrostem obszaru dąży do zera.

Wynikałoby stąd, że najogólniejszym sformułowaniem zasady kosmologicznej jest stwierdzenie, że Wszechświat jest w jakimś stopniu regularny. Owo stwierdzenie pokrywałoby się z tezami kosmologii Kopernika.

Wracając jednak do kwestii konkretyzacji treści zasady kosmologicznej nadmienimy, że we wszystkich teoriach kosmologicznych spełnione jest twierdzenie, iż we wszystkich częściach Wszechświata działa jedna i ta sama fizyka.

¹² E. A. Milne: *Relativity, Gravitation and World Structure*. Oxford 1935.

¹³ H. Bondi, jw., s. 21.

¹⁴ G. J. Naan: *Gravitacija i biezkonecznost. W. Filozofiskije problemy teoriji tiagotienija Einsteina i rielatiwitskoj kosmologii*. Kijew 1965 s. 273.

¹⁵ H. Bondi, jw., s. 25—26.

Jednak większość kosmologów nie kojarzy sobie owego twierdzenia z treścią zasady kosmologicznej, chociaż milcząco je przyjmuje. Dla kosmologów — jak już to zauważył cytowany przez nas Naan — zasada kosmologiczna jest zbiorem trzech założeń:

1. Istnieje czas kosmiczny; założenie to jest znane pod nazwą postulatu Weyla.
2. Rozkład materii we Wszechświecie jest jednorodny i izotropowy, co oznacza, że funkcja gęstości materii we Wszechświecie — oczywiście pomijając lokalne niejednorodności — nie zależy od współrzędnych przestrzennych, lecz tylko od czasu kosmicznego.
3. Przestrzeń jest jednorodna i izotropowa, co oznacza, że geometryczna struktura przestrzeni jest taka sama we wszystkich punktach i kierunkach.

Szukamy, oczywiście, optymalnej konkretyzacji treści zasady kosmologicznej, tj. najbardziej zgodnej zarówno z faktycznym użyciem, jak i rozumieniem tej zasady.

Mimo że zasada kosmologiczna zmienia się przy przejściu od jednego modelu do drugiego, to stosując powyższą dyrektywę łatwo jest stwierdzić, że zasada kosmologiczna jest zbiorem czterech założeń:

1. jednorodności nomologicznej Wszechświata, tj. tezy, że prawa fizyki są czasoprzestrzennie niezmiennie, czyli uniwersalne;
2. jednorodności i izotropii przestrzeni, tj. tezy o identyczności geometrycznej struktury przestrzeni w różnych jej punktach i kierunkach;
3. istnienia uniwersalnego czasu kosmicznego; założenie to jest znane pod nazwą postulatu Weyla;
4. jednorodności i izotropowości rozkładu materii we Wszechświecie, co oznacza, że funkcja gęstości materii we Wszechświecie — pomijając lokalne nieregularności — nie zależy od współrzędnych przestrzennych.

Odnosnie do samej nazwy tej zasady, to jak już stwierdziłem¹⁶, powinna się ona nazywać „uogólnioną zasadą Kopernika”. Jeżeli pominąć sugestie B. Russella i G. I. Naana, autor kierował się nie tylko faktem, że istnieje związek między tezami kosmologii Kopernika a treścią zasady kosmologicznej, lecz i tym, że nazwa tej zasady jest przypadkowa.

Zajmijmy się jednak bliżej stosunkiem tez kosmologii Kopernika od tez zasady kosmologicznej.

Jak już pisaliśmy w poprzednim paragrafie, zasadą Kopernika można nazwać dwie tezy kosmologiczne wielkiego astronoma:

1. tezę o uniwersalności czasoprzestrzennej praw fizyki,
2. twierdzenie o jednorodności i izotropowości geometrycznej przestrzeni.

Powyższe tezy zrelatywizowane były do Wszechświata skończonego, zatem ich uogólnienie polegałoby na usunięciu wymienionych relatywizacji.

Na dodatek Kopernikowi można przypisać trzecią tezę: przyjmował on, że istnieje jeden czas światowy. Kopernik bowiem opierał się na arystotelesowej koncepcji czasu, zgodnie z którą czas jest jeden i jest miarą ruchu. Wobec powyższego nazwa „uogólniona zasada Kopernika”, jako obejmująca trzy pierwsze składowe zasady kosmologicznej, wydaje

¹⁶ E. Skarżyński: *Zasada kosmologiczna, czyli uogólniona zasada Kopernika*. „Kwartalnik Historii Nauki i Techniki” 1970 nr 2 s. 267—272.

się nazwą uzasadnioną. Jednak stwierdzenia w czwartej składowej zasadzie kosmologicznej dalego wykraczają poza kosmologiczną koncepcję Kopernika. Zatem zasada kosmologiczna jest zbiorem dwóch założeń — uogólnionej zasady Kopernika oraz założenia równomiernego rozkładu materii (energii) we Wszechświecie — w dużej skali.

Nazwa „uogólniona zasada Kopernika”, obejmująca trzy założenia zasady kosmologicznej, tj. zasadę Maxwella, postulat Weyla oraz założenie jednorodności i izotropii przestrzeni, adekwatnie oddaje idee kosmologiczne Kopernika, jakie tkwią we współczesnej kosmologii.

4. SKŁADOWE UOGÓLNIONEJ ZASADY KOPERNIKA

A. ZASADA MAXWELLA

Reprezentant nauki nowoczesnej, twórca teorii elektromagnetyzmu, że te same przyczyny powodują te same skutki. Inaczej mówiąc, że relacje kauzalne nie zmieniają się w czasie i przestrzeni. Powyższą zasadę interpretuje się na ogół jako zasadę powtarzalności eksperymentu fizycznego w różnych warunkach miejsca i czasu.

Wydaje się, że ową zasadę można rozciągnąć również na prawidłowości fizyczne o charakterze statystycznym, a to dlatego, że u podstaw prawidłowości statystycznych zawsze leżą relacje kauzalne. Zatem powyższą zasadę można sformułować jeszcze inaczej, zachowując przy tym jej nazwę zasady Maxwella: wszelkie prawidłowości fizyczne, zarówno kauzalne, jak i statystyczne, nie zmieniają się w czasie i przestrzeni.

Zasadę Maxwella można zatem wyrazić językiem fizyki, a jej sformułowanie uznać za przedmiotowe, orzeka bowiem o przedmiotach badanych przez fizykę. To sformułowanie może być ujęte jako metasformułowanie, tj. sformułowanie w metajęzyku fizyki, mianowicie że w prawach fizyki nie ma zmiennych charakteryzujących punkt czasoprzestrzeni *explicite*, lecz wyłącznie *implicite*.

Wydaje się, że równoważność tych dwóch sformułowań stanie się widoczna (przy pewnych ograniczeniach co do charakteru stałych fizycznych) jeśli przedmiotową wersję zasady Maxwella sformułujemy bardziej precyzyjnie.

Oznacza ona, że prawa przyrody nie zależą od położenia w czasie i przestrzeni, tzn. że są one niezmiennicze względem translacji w czasie i przestrzeni. Gdyby więc nie było spełnione metasformułowanie zasady Maxwella, a słuszne byłoby sformułowanie przedmiotowe, to w sposób oczywisty po dokonaniu w jakimś prawie L translacji czasu i przestrzeni otrzymalibyśmy nowe prawo L' . Z drugiej strony, gdy prawa fizyki nie zawierają zmiennych x, y, z, t *explicite*, lecz tylko w postaci ukrytej, i gdy prawa fizyki są w postaci równań różniczkowych, zaś stałe fizyki nie zależą od czasu, to translacje w czasie i przestrzeni nie zmieniają tych praw.

Zasadę Maxwella lepiej jest za Z. Augustynkiem¹⁸ nazwać „zasadą jednorodności nomologicznej czasu i przestrzeni”, gdyż taka nazwa sama uwidocznia jej treść.

¹⁷ J. C. X. Maxwell: *Matter and Motion*. New York 1954.

¹⁸ Z. Augustynek: *Homogeneity of Time*. „American Journal of Physics” Vol. 36: 1968 No. 2.

Wraz z zasadą jednorodności nomologicznej czasu i przestrzeni istnieje też wynikająca z oryginalnego stwierdzenia Maxwella zasada izotropii nomologicznej przestrzeni, zgodnie z którą prawa fizyki nie zależą od kierunku w przestrzeni, tzn. że zadanie kierunku w przestrzeni jest dla praw fizyki nieistotnym warunkiem początkowym. Inaczej mówiąc, prawa fizyki są niezmiennicze względem grupy obrotów w przestrzeni.

Na gruncie mechaniki klasycznej powyższe zasady wynikają po prostu z najogólniejszej transformacji Galileusza, zaś w szczególnej teorii względności — z najogólniejszej transformacji Lorentza. W ogólnej teorii względności obowiązuje zasada kowariancji, zaś w teorii przestrzeni, czasu i grawitacji Focka jej ograniczona wersja: zasada względności w sformułowaniu Focka. Ponieważ w teorii czasu, przestrzeni i grawitacji Focka transformacja między układami harmonicznymi jest transformacją Lorentza, wynikają z niej wspomniane zasady.

Gdy przyjmiemy zasadę kowariancji, zgodnie z którą prawa fizyki powinny być niezmiennicze względem najogólniejszych przekształceń układów współrzędnych, to z definicji tej wynika, że owe przekształcenia mogą obejmować translacje w czasie, przestrzeni oraz obroty przestrzenne. Stwierdzamy zatem, że zasada Maxwella oraz zasada izotropii nomologicznej jest spełniona zarówno w mechanice klasycznej, szczególnej teorii względności oraz ogólnej teorii względności. Powyższe zasady — zdaniem S. Schwebera¹⁹ — były ustanowione eksperymentalnie, jednak mogą mieć ograniczony zakres zastosowania. Zasady te stosuje się również do teorii mikrofizycznych, takich jak mechanika kwantowa, kwantowa teoria pól. Istnieje jednak teoria fizyczna, a mianowicie rzutowa teoria względności, mająca zastosowanie w kosmologii Jordana, w której — wydawałoby się — zasada jednorodności nomologicznej czasu jest naruszona. Jednakże Jordan otrzymuje swoje równania pola z pewnej zapisanej kowariantnie zasady wariacyjnej. Znaczący to, że zmienność stałej grawitacji w czasie wynika z zasady wariacyjnej. Oczywiście, sama zasada wariacyjna jest prawem fizyki, i to prawem deterministycznym, prawem, z którego wynikają prawa lokalne. Zatem z przyjęcia zasady wariacyjnej dla równań pola w teorii Jordana nasuwa się wniosek, że zasada jednorodności nomologicznej czasu jest tu zachowana. Odmienne jest natomiast sytuacja w kosmologii Diraca. Zmienność stałej grawitacyjnej wraz z czasem należy w niej do naczelných założeń teoretycznych. Oznacza to, że same prawa charakteryzujące grawitację zmieniają się w czasie. Inne prawa, bez stałej grawitacji, pozostają bez zmian.

Zatem w kosmologii Diraca zasada jednorodności nomologicznej czasu nie jest zachowana. Powyższe uwagi wskazują, że zarówno zasada Maxwella, jak i zasada izotropii nomologicznej przestrzeni powinny być sprawdzane empirycznie również na poziomie kosmologicznym. Tutaj nadmienmy, że istnieją odmienne opinie co do sensowności empirycznej zasady Maxwella. Otóż według M. Munitza²⁰ i H. Margenaua²¹ zasada Maxwella nie ma charakteru empirycznego, lecz jest zdaniem analitycznym, ponieważ — jak twierdzą wspomniani autorzy — już w samej definicji prawa fizyki zawarta jest jego uniwersalna niezmienniczość

¹⁹ S. S. Schweber: *An Introduction to Relativistic Quantum Field Theory* (przekład rosyjski). Moskwa 1963 s. 24.

²⁰ M. K. Munitz: *Space, Time and Creation*. New York 1961 s. 146—147.

²¹ H. Margenau: *Open Vistas*. New Haven — London 1964 s. 84—85.

w czasie i przestrzeni. J. G. Kemeny²² uważa, że założenie to jest konieczne po to, aby prawa fizyki miały prostą postać matematyczną, czyli w istocie swej nie zawiera treści empirycznej. Przeciw tak pojętemu konwencjonalizmowi występują zwolennicy empiryzmu, wskazując na neutralność definicji prawa fizycznego względem zasady Maxwella, a także na możliwość jej eksperymentalnej weryfikacji. Zwraca się tu uwagę²³, że z zasady jednorodności nomologicznej czasu wynika zasada zachowania energii, a więc zasada sprawdzalna eksperymentalnie. I ogólnie z zasad jednorodności i izotropii nomologicznej czasu i przestrzeni wynikają (na podstawie formalizmu E. Noether) odpowiednie dane empirycznie sprawdzalne. Nam wydaje się, że w polemice silniejsza jest pozycja empiryzmu.

B. JEDNORODNOŚĆ METRYCZNA PRZESTRZENI

W danym punkcie n wymiarowej przestrzeni Riemanna można zdefiniować skalar k , zwany krzywizną Riemannowską, odpowiadającą zadanej w tym punkcie elementarnej powierzchni dwuwymiarowej V_2 .

Dla przestrzeni dwuwymiarowych skalar ten jest równy krzywiznie gaussowskiej powierzchni.

Dla $n > 2$ k jest wielkością anizotropową, ponieważ zależy nie tylko od punktu, ale i od położenia V_2 . Punkt, w którym krzywizna k nie zależy od V_2 , nazywamy punktem izotropowym.

Schur w 1886 r. udowodnił twierdzenie, że dla $n > 2$ przestrzeń izotropowa w każdym punkcie pewnego obszaru posiada stałą krzywiznę w tym obszarze. Przestrzeń o stałej krzywiznie jest też przestrzenią jednorodną.

Inaczej mówiąc, twierdzenie Schura głosi, że izotropowość przestrzeni w danym obszarze pociąga za sobą jednorodność przestrzeni w tym obszarze. Jednorodność przestrzeni jako własność można zdefiniować znacznie ogólniej. Przestrzenią jednorodną nazywamy strukturę algebraiczną postaci $(E, \Omega \top, \perp)$, w której E jest dowolnym zbiorem, Ω — jest zbiorem operatorów spełniających aksjomaty grupy ze względu na działanie \top , zaś \perp jest działaniem zewnętrznym o następującej własności:

$$a \perp (\beta \perp \chi) = (a \top \beta) \perp \chi$$

w którym a i $\beta \in \Omega$, zaś $x \in E$.

Odnosnie do grupy, $\Omega \top$ wymaga się, aby działała ona tranzytownie w E , tzn. dla

$$\bigwedge_x \in E, \quad y \in E \quad \bigvee_a \in \Omega \quad (a \perp x) = y$$

w którym \bigwedge oznacza kwantyfikator ogólny, natomiast \bigvee jest oznaczeniem kwantyfikatora szczegółowego.

²² J. G. Kemeny: *Nauka w oczach filozofa*. Warszawa 1967 s. 63—65.

²³ Z. Augustynek: *Własności czasu*. Warszawa 1970 s. 144.

Ponadto jeśli $\varepsilon \in \Omega$ jest elementem neutralnym względem działania \top , to także dla $\bigwedge x \in E \quad \varepsilon \perp x = x$

Na przykład przestrzeń euklidesowa jest jednorodna, ponieważ działa w niej grupa ruchów.

Przestrzeń Riemanna można klasyfikować według grup ruchów, jakie są dopuszczalne w danej przestrzeni.

Jeżeli trójwymiarowa przestrzeń Riemanna dopuszcza trójparametrową tranzytywną grupę ruchów, to przestrzeń ta jest przestrzenią jednorodną. Istnieje dziewięć typów przestrzeni jednorodnych (ich charakterystyka zawarta jest w pracy Pietrowa²⁴); wśród nich istnieją też przestrzenie o stałej krzywiznie K . Jednorodność przestrzeni Riemanna polega więc na tym, że każdy obszar przestrzeni posiada te same własności metryczne.

Pojęcie jednorodności przestrzeni nie jest pojęciem lokalnym, lecz globalnym. Przestrzeń jednorodna staje się izotropowa, jeżeli dopuszcza 6-parametrową grupę ruchów. Z izotropii przestrzeni w każdym punkcie wynika jej jednorodność, a nie na odwrót.

Powyzsza składowa uogólnionej zasady Kopernika ma charakter empiryczny w takim samym stopniu, w jakim geometria jest nauką empiryczną, a to dlatego, że zawarte w niej pojęcia są pojęciami geometrycznymi. W geometrii istnieją pewne elementy konwencjonalne (np. definicja kongruencji), lecz jaka jest geometria świata, to już — naszym zdaniem — rozstrzyga doświadczenie.

C. CZAS KOSMICZNY

Czas ten istnieje w modelu, jak to pokazał Whitrow, w którym przestrzeń utożsamiamy ze zbiorem cząsteczek fundamentalnych.

Do podobnych wniosków doszedł jeszcze w 1921 r. H. Weyl, pokazując, iż postulat czasu kosmicznego jest równoznaczny z wyznaczeniem pewnego prawa — nazwanego później „postulatem Weyla” — dla ruchu materii we Wszechświecie.

W myśl owego postulatu, znajdujące się w rzeczywistym świecie galaktyki mogą być w teorii rozważane jako leżące na wiązce geodetyk, rozchodzącej się z punktu w skończenie lub nieskończenie odległej przeszłości. Inaczej mówiąc, istota postulatu Weyla polega na tym, że jest on używany do geometryzacji rzeczywistego Wszechświata za pomocą elementu liniowego ds^2 .

Postulat ten jest prawem ruchu dla galaktyk we Wszechświecie, prawem, wyrażonym w terminach geometrii Riemanna. Sama ogólna teoria względności — teoria nie wyróżniająca żadnych układów współrzędnych — nie nakłada żadnych ograniczeń na ruch galaktyk we Wszechświecie. Czyni to dopiero postulat Weyla, który wskazuje, że obserwowane ruchy galaktyk wykazują pewną regularność, tzn. w każdym dostatecznie dużym obszarze Wszechświata istnieje określony średni ruch materii, przy czym odchylenia od tego ruchu dla indywidualnych rzeczywistych ciał w danym obszarze są małe (w porównaniu z prędkością światła) i nie mają charakteru systematycznego.

²⁴ A. Z. Pietrow: *Nowyje metody w obszczej teorii aotnositielnosti*. Moskwa 1966 s. 70.

Z takim obszarem można związać cząstkę fundamentalną, którą określa się jako cząstkę posiadającą ten średni ruch oraz masę równą całkowitej masie materii w tym obszarze. Z tą cząstką można już związać układ odniesienia. Czas własny związany z tym układem jest czasem kosmicznym, ponieważ pełni on funkcję czasu uniwersalnego, funkcję czasowej współrzędnej w metryce Einsteina i w metryce de Sittera. Czas kosmiczny jest, oczywiście, pojęciem statystycznym, gdyż nie bierze się pod uwagę lokalnych ruchów ciał. Nasuwają się tu dwa pytania: 1. Jak wielkie są bezwładne ruchy galaktyk w rzeczywistym świecie. 2. Jaki obszar można uważać za dostatecznie duży. Okazuje się, że prędkość przypadkowych ruchów galaktyk jest mniejsza niż jedna tysięczna prędkości światła, gdy tymczasem prędkość ruchu systematycznego jest porównywalna z prędkością światła.

Dotychczasowe wyniki obserwacji wskazują, że na galaktykach dość dobrze sprawdza się postulat Weyla. Przy testowaniu tego postulatu statystykę należy przeprowadzać w obszarach takiej samej wielkości, jak przy testowaniu postulatu o jednorodności rozkładu materii we Wszechświecie. Jak pokazali O. Heckmann i E. Schücking²⁵, postulat istnienia czasu kosmicznego można wprowadzić do teorii przez wykluczenie ruchu obrotowego substratu, a także synchronizując zegary za pomocą równania gęstości, tzn. przyjąwszy już dany postulat równomiernego rozkładu materii we Wszechświecie. Warunków O. Heckmanna i E. Schückinga nie spełnia model K. Gödla, w tym bowiem modelu materia wykonuje absolutny obrót, zatem ów model nie uwzględnia czasu kosmicznego.

5. POSTULAT JEDNORODNOŚCI ROZKŁADU MATERII WE WSZECHŚWIECIE

Postulat ten daje się prosto sformułować. Oznacza on, że istnieje taka ciągła funkcja skalarna, zależna tylko od czasu kosmicznego, $\rho(t)$, tak ilość materii zawarta w objętości Wszechświata dV wynosi $dm = \rho(t) dV$.

Ponieważ ρ jest funkcją skalarną, założenie jednorodności rozkładu materii jest jednocześnie założeniem jednorodności i izotropii rozkładu materii we Wszechświecie.

Niemniej gdy do opisu Wszechświata wprowadzimy tensor napięć, to w ogólności rozkład napięć może być nieizotropowy.

W kosmologii najczęściej przyjmuje się, że ten tensor znika, zatem izotropowe ciśnienie $p = 0$, co oznacza brak oddziaływań wewnętrznych.

Funkcja $\rho(t)$ jest funkcją ciągłą, przeto rzeczywisty dyskretny rozkład materii zastępujemy rozkładem ciągłym. Postulat o jednorodności rozkładu materii we Wszechświecie będzie postulatem o treści empirycznej wtedy, gdy określimy, jak duży jest element dV oraz czy istnieje taki czas t — a musi to być czas uniwersalny — aby można było porównać funkcję ρ w różnych obszarach Wszechświata.

Istnienie tego czasu gwarantuje postulat Weyla, zaś obszar dV nie może przekroczyć obserwowanej części Wszechświata, lecz musi być od niego mniejszy.

Wydaje się, że G. J. Naan ma rację²⁶, gdy przyjmuje, że obszar dV jest nieco większy od jednej gromady galaktyk, tzn. wynosi w przybli-

²⁵ O. Heckmann, E. Schücking: *Handbuch der Physik*. Vol. 53.

²⁶ G. J. Naan: *Woprosy kosmogonii*. T. 6. Moskwa 1958 s. 322.

zeniu 10^{23} parseków sześciennych. Wydaje się też, że gdyby odkryto twory wyższego rzędu, niż gromady galaktyk, to założenie jednorodności rozkładu materii można by zachować na tym wyższym poziomie. Według D. W. Sciama²⁷ sprawa jednorodności przestrzennego rozkładu materii we Wszechświecie powinna być wyjaśniona w fizycznych kategoriach procesów rządzących Wszechświatem.

6. OMAWIANY POSTULAT A UOGÓLNIONA ZASADA KOPERNIKA

W paragrafie poprzednim nadmienialiśmy, że prawidłowość postulatu Weyla jest koniecznym warunkiem empirycznej sensowności postulatu jednorodności masowej.

Jednak z faktu, że gęstość materii jest stała, wcale nie wynika, iż musi istnieć czas kosmiczny (model Gödla).

Trzy składowe uogólnionej zasady Kopernika są, oczywiście, od siebie niezależne. Postulat jednorodności masowej również nie pozostaje w żadnym związku z zasadą Maxwella. Pozostaje tylko pytanie, w jakim stosunku pozostaje postulat jednorodności przestrzeni do postulatu jednorodności masowej.

W mechanice Newtona nie istnieje żaden związek między własnościami czasu i przestrzeni a własnościami materii. Oznacza to, że nie istnieje żaden związek między założeniem równomiernego rozkładu materii a jednorodności przestrzeni.

Na gruncie relacyjnej teorii czasu i przestrzeni założenie równomiernego rozkładu materii implikuje własności jednorodności i izotropowości przestrzeni i odwrotnie²⁸.

Odmienna jest sytuacja w ogólnej teorii względności. Powstała ona z chęci zrealizowania przez Einsteina tzw. zasady Macha, która postuluje jednoznaczność odpowiedniość między rozkładem mas a strukturą przestrzeni. Jednakże dzisiaj na pewno wiadomo²⁹, że zasada Macha nie może być realizowana na gruncie ogólnej teorii względności. Wobec powyższego omawiany postulat należy przyjmować niezależnie od postulatu jednorodności przestrzeni³⁰.

Э. Скаржиньски

О ТАК НАЗЫВАЕМОМ ОБОБЩЕННОМ ПРИНЦИПЕ КОПЕРНИКА

После краткого вступления, излагаются концепции Двухсферной Вселенной и противоположные концепции: Филолая, Гераклея Понтийского, Демокрита. Далее обсуждены системы: эвдокса, Аристотеля, Птолемея. В третьей части работы представлена космология Коперника.

²⁷ D. W. Sciama: *The Unity of the Universe*. London 1959 s. 39.

²⁸ E. Skarżyński: *Współczesne teorie czasu i przestrzeni*. „Zeszyty UJ. Prace Filozoficzne” nr 2: 1972.

²⁹ M. Heller: *Konstrukcja modelu kosmologicznego*. „Postępy Astronomii” 1971 zes. 1.

³⁰ E. Skarżyński: *Idea jednorodności w dziejach kosmologii*. „Prace Filozoficzne”, Wydawnictwo WSP w Krakowie nr 42: 1972.

Далее рассматривается содержание основной предпосылки современной космологии, т.е. космологического принципа. Указывается, что этот принцип базируется на четырех предпосылках:

1. номологической однородности Вселенной,
2. однородности и изотропии пространства,
3. постулата Вейла
4. иднородности и изотропии разложения материи во Вселенной.

Далее указывается, что три первые предпосылки являются как раз содержанием обобщенного принципа Коперника. Поэтому обсуждается эпистемологический статус этих предпосылок, а также изучается связь жемду ними. В заключении обсуждается четвертый постулат, содерва щийся в космологическом принципе, и изучается его связь с обобщенным принципом Коперника.

E. Skarżyński

ON COPERNICUS'S GENERALIZED RULE

After a short introduction we first present the bispherical conception of the Universe and the contradicting conceptions of Filolaos, Heraclides of Pontus, Democritus. We then discuss the systems of Eudoksos, Aristotle, Ptolomy. In the third part of the work we present the cosmology of Copernicus.

We then discuss the contents of the basic presupposition of modern cosmology, the so-called cosmological rule. We indicate that it is a collection of four presuppositions:

1. The nomological homogeneity of the Universe,
2. The homogeneity and isotropy of space,
3. Weyl's postulate,
4. The presupposition of the homogeneity and isotropy of the decomposition of matter in the Universe.

We then prove that the first three presuppositions constitute the contents of Copernicus's generalized rule. Thus we discuss the epistemological status of these presuppositions and we study the relations between them. To conclude we discuss the fourth postulate included in the contents of the cosmological rule and we study its connection with Copernicus's generalized rule.

