



## Dr Bronisław KUCHOWICZ

W cyklu artykułów, mniej lub bardziej z sobą powiązanych, mam zamiar przedstawić jedną z najstarszych i zarazem najmłodszych nauk przyrodniczych — kosmologię. Przymiotnik „najstarsza” wiązać się może z tym, że już w najdawniejszych dokumentach pisanych natrafić można na początki wyobrażeń kosmologicznych — tj. o budowie Kosmosu, Wszechświata — tak przynajmniej rozumianego, jak mogła go na swym etapie rozwoju, przy ograniczonej bazie obserwacyjnej ówczesna ludzkość pojąć. Wyobrażenia te więcej miały wspólnego z mitami, religią, filozofią, niż z uogólnieniem obserwacji przyrody. Stopniowo gromadziły się obserwacje, długo zresztą nie sięgające poza Układ Słoneczny. Modele Ptolemeusza czy Kopernika stanowiły w swoim czasie nie tylko modele tego Układu, były one zarazem podsumowaniem dostępnej wiedzy o Wszechświecie. Do końca XIX wieku kosmologia i astronomia szły w parze, a zasadniczym obiektem badania tych dyscyplin były, poza ciałami Układu Słonecznego, gwiazdy z naszej Galaktyki. Kosmologia wyodrębniła się z astronomii dopiero z początkiem XX wieku. Uważana jest ona odąd przez jednych za dział astronomii zajmujący się Wszechświatem jako całością (W. Zonn w *Wielkiej Encyklopedii Powszechnej* PWN, Tom 6, str. 82), to znów za dyscyplinę naukową na pograniczu astronomii, fizyki teoretycznej i filozofii, traktującą o Wszechświecie jako całości i o dostępnym obserwacjom obszarze przestrzeni jako części Wszechświata (A. Pacholczyk w „*Postęпах Astronomii*” z 1963 r., str. 15). Jakkolwiek by było (a można by podać jeszcze więcej definicji w ślad za różnymi autorami, ale chyba nie o to nam chodzi), kosmologię można niewątpliwie uważać za naukę przyrodniczą. W tej roli jest ona jednak istotnie odmienna od takich nauk jak chemia, fizyka czy nawet najbliższa jej astronomia. Przedmiot jej studiów, Wszechświat, jest jeden.

We wszystkich naukach przyrodniczych istnieje możliwość badania określonych grup obiektów czy też zjawisk, wynajdywania ich elementów wspólnych, przez umiejętne abstrahowanie od indywidualnych, nieistotnych charakterystyk. Długie serie doświadczeń fizycznych, powtarzanie obserwacji astronomicznych — wszystko to pozwala na dochodzenie do uogólnień, na wykrywanie praw przyrody. Metodologia nauk przyrodniczych pozwala także na sprawdzanie słuszności teorii przez ich laboratoryjne testowanie, przez porównywanie wyników doświadczeń czy obserwacji z przewidywaniami, otrzymanymi z teorii na drodze dedukcyjnej. A jak ma wyglądać sytuacja w kosmologii? Czy można stosować metodę indukcyjną, skoro Wszechświat jest jeden, i nie można obserwacji w nim prowadzonych porównywać z obserwacjami w jakichś innych (może lepszych?) Wszechświatach, gdyż takie nie istnieją? Nie mamy zatem gwarancji tego, że jakaś obserwowana cecha Wszechświata jest jego cechą istotną, a nie przypadkową. Z drugiej znów strony pamiętajmy o tym, że prawa fizyczne, które chcielibyśmy stosować do opisu Wszechświata jako całości, sprawdzone są eksperymentalnie bądź tylko na Ziemi, bądź też w obrębie Układu Słonecznego, a więc w zbyt małym zakresie takich wielkości fizycznych, jak długość, czas czy też masa. Przekonaliśmy się w ostatnim półwieczu, że prawa makrofizyki ziemskiej nie dadzą się przenieść na szczebel poznawania atomowej i jądrowej struktury materii, że muszą być zastąpione przez mechanikę kwantową. Czy wobec tego można prawa te ekstrapolować w drugą stronę i przypuszczać, że będą spełnione w skali dużych odległości (rzędu milionów lat świetlnych), albo w takich szczególnie ekstremalnych warunkach (gęstości powyżej gęstości jądrowej, pola grawitacyjne miliardy razy silniejsze od pola grawitacyjnego Ziemi), jakie mogą wystąpić w innych obszarach kosmosu?

Arystoteles odróżniał fizykę ziemską, fizykę ruchów prostoliniowych, od fizyki niebios, operującej pojęciem ruchów kołowych. Długo dochodziła ludzkość do uznania faktu, że fizyka jest jedna.

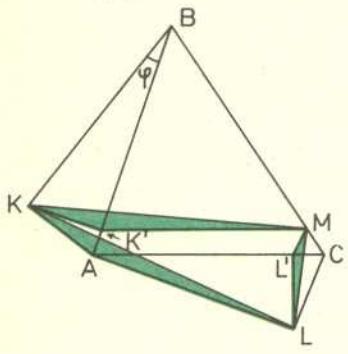




Rozwiązanie zadania M88.

Mamy:  $L'C = L'L \operatorname{tg} \varphi = AL' \operatorname{tg}^2 \varphi$  i  $K'A = KK' \operatorname{tg} \varphi = K'B \operatorname{tg}^2 \varphi$ . Stąd

$$\frac{MC}{MB} = \operatorname{tg}^2 \varphi = \frac{L'C}{AL'} \text{ i } \frac{MC}{MB} = \operatorname{tg}^2 \varphi = \frac{K'A}{K'B}$$



i dalej

$$\frac{MB}{MC} + 1 = \frac{AL'}{L'C} + 1, \frac{K'A}{K'B} + 1 = \frac{MC}{BM} + 1$$

czyli

$$\frac{BC}{MC} = \frac{AC}{L'C}, \frac{BC}{BM} = \frac{AB}{K'B}$$

a więc  $BC:AC = MC:L'C$  i  $BC:BA = BM:K'B$ .

Wnioskujemy stąd, że  $ML' \parallel AB$  i  $K'M \parallel AC$ .

Oznaczając kąt  $BAC$  przez  $\alpha$  mamy:

$$\sphericalangle ML'L = 90^\circ + \alpha, \sphericalangle KAL = 90^\circ - \varphi + \alpha + \varphi = 90^\circ + \alpha, \sphericalangle KK'M = 90^\circ + \alpha.$$

Mamy  $\frac{ML'}{AB} = \frac{MC}{BC} = \frac{MC \operatorname{ctg}^2 \varphi + MC}{MC} = \sin^2 \varphi$ , skąd, wobec równości  $KA = AB \sin \varphi$ , otrzymujemy  $ML' = AB \sin^2 \varphi = KA \sin \varphi$ .

Podobnie  $\frac{K'M}{AC} = \frac{BM}{BC} = \frac{BM}{BM + BM \operatorname{tg}^2 \varphi} = \cos^2 \varphi$ , a więc wobec

$$AL = AC \cos \varphi, \text{ otrzymujemy } K'M = AC \cos^2 \varphi = AL \cos \varphi.$$

Mamy więc  $\frac{ML'}{KA} = \sin \varphi, \frac{KK'}{KA} = \cos \varphi, \frac{LL'}{AL} = \sin \varphi, \frac{K'M}{AL} = \cos \varphi$ ,

co kończy żądany dowód.

Uwaga. Zadanie to jest związane z zadaniem 8 z zawodów stopnia pierwszego XXVI Olimpiady Matematycznej. Z otrzymanego wyniku można łatwo wyprowadzić, że trójkąt  $KLM$  jest prostokątny (zob. „Znane twierdzenie Pitagorasa”, «Delta» 2/1976).

Nie można zaprzeczyć temu, że poznanie nasze wciąż jeszcze jest w istotny sposób ograniczone, że w warunkach naszych skromnych laboratoriów ziemskich (czymże są one bowiem w porównaniu z takimi choćby laboratoriami Przyrody, jak wnętrza gwiazd czy przestrzeń kosmiczna!) wiele przejawów praw fizycznych ujęć mogło naszej uwadze, nie odgrywają one bowiem żadnej roli przy tak małych np. odległościach, jakie występują na Ziemi. Z obserwacji natomiast materii we Wszechświecie można dojść nawet do nowych, nieznanych jeszcze praw fizycznych, które mogą mieć doniosłe znaczenie dla przyszłego rozwoju fizyki i techniki.

Kosmologia uogólnia dane astronomii pozagalaktycznej, zajmującej się podstawowymi składnikami Wszechświata — galaktykami (nie jest jeszcze w pełni rozstrzygnięte zagadnienie istnienia tworów wyższych rzędów, tzn. gromad galaktyk, gromad tychże gromad itp.), abstrahując od właściwości jednostkowych galaktyk i ich układów. Poza tym korzysta ona jeszcze z szeregu innych dyscyplin astronomicznych, o których mowa będzie w drugiej części artykułu. Uogólnienie to odbywa się dzięki zastosowaniu teorii fizycznych, w pierwszym rzędzie ogólnej teorii względności, stanowiącej współczesną teorię przestrzeni, czasu i grawitacji, następnie termodynamiki, mechaniki statystycznej, elektrodynamiki, fizyki jądrowej. Ogólna teoria względności pozwala na zbudowanie tzw. modeli kosmologicznych, konstrukcji teoretycznych opisujących zachowanie się Wszechświata jako całości. Konstrukcji takich jest wiele, przybierają coraz to nowe. A czy odzwierciedlają one cechy charakterystyczne rzeczywistego Wszechświata? Bywa z tym różnie. Aż chce się zacytować Lema z jego rozdziału „Szaleństwo z metodą” w słynnej książce „Summa Technologiae” (cytowane według wydania III, Wydawnictwo Literackie, Kraków 1974): „Wyobraźmy sobie szalonego krawca, który szyje wszelkie możliwe ubrania... Nie ciekawi go świat, nie bada go. Szyje ubrania. Nie wie dla kogo. Nie myśli o tym. Niektóre są kuliste, bez żadnych otworów; innym wszywa rury, które nazywa „rękawami” lub „nogawkami”. Ilość ich jest dowolna... Krawiec dba tylko o jedno: pragnie być konsekwentny... Gdy przystępuje do sporządzania nowego (ubrania), przyjmuje określone założenia. Nie zawsze są takie same. Ale postępuje dokładnie w myśl raz powziętych założeń i pragnie, by nie wynikała z nich sprzeczność”.

Gdy ten szalony krawiec jest teoretykiem — kosmologiem, wystarczy mu skonstruowanie kolejnego modelu Wszechświata. Ubranie wieszka się w szafie, model trafia na łamy czasopisma naukowego. A dalsze losy modelu? Trzeba go, jak ubranie, przymierzyć, sprawdzić w jaki sposób opisuje Wszechświat. Dotąd była dedukcja, odtąd wkracza empiria. U podstaw współczesnego przyrodoznawstwa tkwi przecież następujące paradoksalne (tylko pozornie!) sformułowanie metodologiczne: „Teoria naukowa jest tym lepsza, im łatwiej ją można obalić”. Określony model kosmologiczny musi więc zasugerować dokonanie obserwacji, za pomocą których można by go obalić (albo i potwierdzić, ale to ostatnie zadanie jest trudniejsze i w zasadzie niewykonalne).

Wyniki obserwacji pozwalają na wyeliminowanie przynajmniej części proponowanych modeli teoretycznych jako odpowiadających rzeczywistości Wszechświata. Inne jeszcze modele dadzą się jako tako, po pewnych „przeróbkach” dopasować do istniejących danych. I tu nasuwa się wątpliwość: Wszak Wszechświat jest jeden, jedyny, czy nie powinien być więc opisany jednoznacznie, za pomocą jednego tylko modelu? Cóż jednak na to poradzić, gdy brak danych obserwacyjnych nie pozwala na rozróżnienie pomiędzy kilkoma różnymi modelami, gdy wszystkie wydają się, przynajmniej chwilowo, równie dobrze do opisu Wszechświata pasować. Nie wiemy, czy Wszechświat jest otwarty czy zamknięty, i nie wiadomo, czy w najbliższej przyszłości uda się odpowiedź na to pytanie uzyskać. Wystarczy wspomnieć, że gdy na Sympozjum Międzynarodowym pod nazwą „Konfrontacja danych kosmologicznych z teoriami”, które odbyło się w Krakowie w 1973 roku podczas uroczystości kopernikowskich, przewodniczący urządził dla żartu głosowanie, 7 obecnych głosowało za modelem otwartym, mniej więcej tyleż osób za modelem zamkniętym, reszta zaś (około 200 osób) wstrzymała się od głosu, uważając (nie bez racji), że przemówią w końcu fakty.

Przejszć więc trzeba do faktów. Jest ich już w kosmologii kilka. Pozwalają one na wybór pewnej określonej grupy modeli kosmologicznych do opisu Wszechświata, tzw. modeli ewolucyjnych rozszerzającego się Wszechświata. Jeszcze pół wieku temu fakty owe, stanowiące o specyfice współczesnej kosmologii jako nauki przyrodniczej, były nieznanymi. A już w 1973 roku można było na pierwszym tego rodzaju sympozjum międzynarodowym porównywać wyniki obserwacji kosmologicznych z przewidywaniami teorii. Jakże to obserwacje? Jakże teorie? Mówić o nich będziemy w następnych numerach „Delt”.