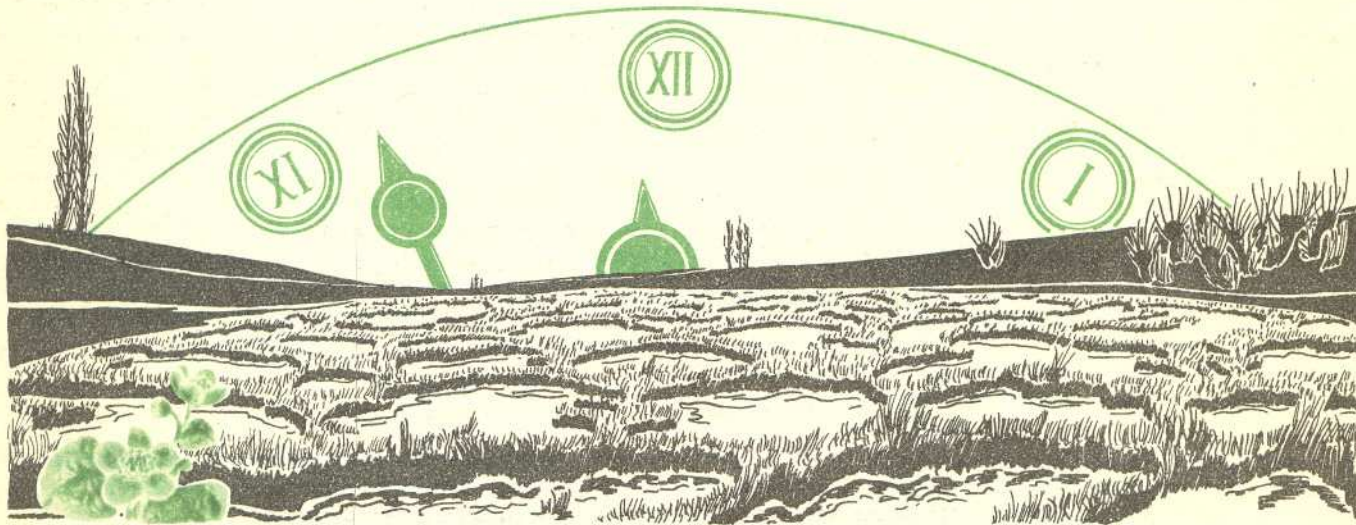


Rys. 5

Jeśli strumień wody będzie za cienki w stosunku do tej rurki — nie będzie zasysał powietrza; jeśli rurka będzie zbyt wąska — może hamować przepływ wody i też uniemożliwić działanie pompki. Przy prawidłowym działaniu pompki można rozrzedzać nią powietrze do ciśnień rzędu kilku centymetrów słupa rtęci! Jeżeli teraz zamkniemy naszą zimną ciecz szczelnie w termosie i przez rurkę w korku odpompujemy powietrze (rys. 5) — obniżymy temperaturę jeszcze bardziej. Chcesz sprawdzić swoje kwalifikacje eksperymentatora? Oto szansa, czyli — podobnie jak w poprzednim numerze —

KONKURS SAMYCH ZWYCIĘZCÓW

Każdy, kto do 15 kwietnia br. nadeśle do redakcji działającą pompkę wodną zbudowaną samodzielnie w warunkach i z materiałów ogólnie dostępnych, otrzyma nagrodę książkową. Wszystkie pompki zostaną sprawdzone przy jednakowym ciśnieniu wody i konstruktor najlepszej z nich (to znaczy tej, która wytworzy najniższe ciśnienie) otrzyma nagrodę główną — zestaw do eksperymentów elektrycznych. Powodzenia!



O zasadach w kosmologii

Dr Bronisław KUCHOWICZ

W poprzednich artykułach podaliśmy w zarysie najważniejsze fakty, odnoszące się do Wszechświata jako całości, nie wymieniając faktu naszego istnienia (choć gdyby nie ten fakt, nie powstałby i mój artykuł). Cóż, rację miał chyba Thornton Wilder, wkładając w „Idach marcowych” w usta Cezara stwierdzenie, że „Wszechświat nie wie nawet, że żyją w nim ludzie” (Księga I, List X).

Zdanie powyższe nie uwłacza godności człowieka, choć w sposób może dla niejednego aż zbyt jaskrawy występuje przeciwko antropocentryzmowi. Pierwsze naiwne wyobrażenia o budowie Wszechświata, modele geocentryczne, dawały wyraz przekonaniu o centralnej roli człowieka we Wszechświecie. Zasadnicze zerwanie z tą koncepcją stanowiło usunięcie przez Kopernika Ziemi z jej centralnej, specjalnie wyróżnionej pozycji. Uznanie, że Ziemia jest jedną z planet nie różniącą się w zasadzie od pozostałych, stanowiło pierwszy krok do uznania, że nasze Słońce jest jednym z wielu słońc w Galaktyce, nasza Galaktyka — jedną z wielu we Wszechświecie. Istotnym w koncepcji naszego wielkiego rodaka było nie to, że „wstrzymał Słońce”, a to że „ruszył Ziemię”, spychając ją z pozycji wyróżnionej na niemal typową. Nic więc dziwnego, że we współczesnej kosmologii *zasadą Kopernika* nazwano stwierdzenie, iż Ziemia nie zajmuje wyróżnionego położenia nie tylko w Układzie Słonecznym, ale i we Wszechświecie. Stwierdzenie to daje się uogólnić na coraz to większą skalę. Można więc mówić, że ani Układ Słoneczny, ani Galaktyka, ani Lokalna Grupa Galaktyk (w skład której nasza Galaktyka wchodzi) nie znajdują się w wyróżnionej pozycji. Stąd jeszcze dalsza ekstrapolacja prowadzi do uznania, iż we Wszechświecie nie ma żadnych miejsc zasługujących na wyróżnienie pod jakimkolwiek względem. Wszechświat ma być taki sam w każdym punkcie, jeśli tylko nie bierzemy pod uwagę lokalnych nieregularności. Gwiazdy, galaktyki i ich gromady stanowiąc mają tylko lokalne fluktuacje, odgrywające w skali Wszechświata rolę nie większą niż góry i doliny na powierzchni Ziemi dla obserwującego ją z oddali kosmonauty. Tak uogólnioną zasadę Kopernika zwykło się nazywać *zasadą kosmologiczną*.

Rozwiązanie zadania M 116. Zbiorem takim jest $(A) \cup (B) \cup (C)$, gdzie A, B, C są trzema niewspółliniowymi punktami płaszczyzny, (X) zaś oznacza zbiór wszystkich prostych przechodzących przez X . Jeżeli bowiem pewna prosta ma punkt wspólny z każdą prostą pęku (X) , to jest prostą tego pęku. Prosta mająca punkt wspólny z każdą prostą zbioru $(A) \cup (B)$, to wobec tego prosta AB . Jest ona jednak rozłączna z prostą przechodzącą przez C i równoległą do AB .

Jeśli przyjąć, że obserwowana przez nas prędkość ucieczki ma tylko składową radialną, to łatwo się przekonać (np. przez transformację Galileusza), że obraz ucieczki widziany z każdej innej gwiazdy będzie taki sam.

Zgodnie z powyższą zasadą tak wyniki obserwacji Wszechświata, jak i wyciągane z nich wnioski nie mogą zależeć od miejsca obserwacji. Wspominaliśmy już o odkryciu zjawiska „ucieczki galaktyk” przez Hubble’a. Naiwne tłumaczenie tego zjawiska mogłoby wskazać na to, że my właśnie znajdujemy się w „środku Wszechświata”, a wszystko się od nas oddala, ucieka. Wystarczy jednak odwołać się od zasady Kopernika; zgodnie z nią to samo co o naszym położeniu można powiedzieć o każdym innym obserwatorze we Wszechświecie. Cóż więc stąd wynika?

Wszechświat wykazuje symetrię sferyczną wokół dowolnego punktu, a jednocześnie żaden z punktów w nim nie jest wyróżniony. Wszechświat jest więc przestrzennie jednorodny i izotropowy, a jednocześnie odległości między dowolnymi dwoma jego punktami rosną z upływem czasu.

Pamiętajmy, że jednorodność rozkładu materii Wszechświata rozumieć należy jako jednorodność w dużej skali. Jest to podejście analogiczne do wprowadzania gęstości gazu rozrzedzonego, wypełniającego naczynie. Jeśli w naczyniu o pojemności 1 m^3 mamy zaledwie milion cząsteczek gazu, wtedy nie ma sensu mówić o gęstości jednorodnej w skali niewielkich obszarów o objętości rzędu 1 mm^3 . W obszarach takich wystąpią niewątpliwie fluktuacje gęstości, i to znaczne. Natomiast w skali objętości rzędu 10^3 cm^3 można już mówić w dobrym przybliżeniu o jednorodności.

Wspomnijmy o prostocie podejścia. Do opisu miliona cząsteczek w naczyniu wygodniej jest stosować kilka parametrów makroskopowych w rodzaju średniej gęstości, temperatury czy ciśnienia (które tracą sens w odniesieniu do pojedynczej cząsteczki), niż parametry mikroskopowe wszystkich cząsteczek. Analogicznie jest i w kosmologii. Gdy jeszcze stosunkowo niewiele wiemy o Wszechświecie, można się spodziewać, że najłatwiej będzie dokonać postępu przy najprostszym założeniu roboczym, tzn. przyjmując najprostszą, a więc po prostu jednorodną strukturę Wszechświata w dużej skali. Być może, jest to tylko przybliżenie, ale przybliżenie to pozwala nam w najprostszym sposobie uzyskać pewne wyniki teoretyczne, które znów można sprawdzać obserwacyjnie.

Nie umiemy zbudować takich modeli, które byłyby sensowne, zgodne z obserwacjami natury kosmologicznej, a ponadto zawierałyby informacje odnoszące się do takich szczebli struktury Wszechświata, jak galaktyki i gwiazdy. Praktycznie wszystkie modele Wszechświata abstrahują od tej jego „drobnoziarnistej” struktury, a i bez tego dość jest trudności natury matematycznej. Podkreślmy w tym miejscu różnicę między kosmologią a astrofizyką: kosmologia zajmuje się Wszechświatem jako całością, astrofizyka natomiast — właściwościami poszczególnych obiektów w Kosmosie.

Omawiana przez nas zasada kosmologiczna postuluje jednorodność przestrzenną Wszechświata. Usiłowano dodatkowo postulować jednorodność Wszechświata w czasie, tzn. jego niezmienność. Uogólnienie to nazwano nawet doskonałą (albo drugą) zasadą kosmologiczną. Teraz, po odkryciu promieniowania szcztątkowego, wiemy już, że uogólnienia tego utrzymać się nie da, że Wszechświat zmienia się w czasie — starzeje.

Zapytajmy się na koniec, czy zasady są w ogóle potrzebne w kosmologii? W odróżnieniu od fizyki, nie mamy w kosmologii możliwości kontrolowania warunków, w których odbywają się zjawiska fizyczne. Jeśli przeprowadzamy doświadczenie w laboratorium ziemskim i wynik jego nie zgadza się z wynikiem otrzymanym w innym laboratorium w rzekomo tych samych warunkach, staramy się odnaleźć tkwiący u podstaw tego czynnik fizyczny (zmiana pewnych warunków, które uważaliśmy za nieistotne dla doświadczenia). Na ogół postuluje się przy tym, że położenie laboratorium i czas (chwila) przeprowadzenia doświadczenia nie są istotne. Podobne postępowanie niemożliwe jest w kosmologii, nie możemy warunków sprawdzić na miejscu, bo miejsce to nie tylko jest odległe w sensie przestrzennym, ale i w czasie (wszak obserwujemy wszystko za pomocą światła, którego prędkość rozchodzenia się jest skończona). Stąd też, chcąc otrzymać wyniki teoretyczne w kosmologii, nadające się do porównania z obserwacjami, trzeba w pewien sposób ekstrapolować fizykę ziemską. Można tego dokonać przy użyciu zasady kosmologicznej, która zaprzecza wyjątkowemu położeniu Ziemi czy naszej Galaktyki, ale — właśnie dzięki temu pozwala rozciągnąć na cały Wszechświat prawa fizyki poznane na Ziemi. W zasadzie kosmologicznej wyróżnić można umownie część geometryczną: jednorodność przestrzeni, oraz część fizyczną: jednorodność rozkładu materii we Wszechświecie. Z części geometrycznej wynika możliwość przeniesienia na Wszechświat praw poznanych w laboratoriach ziemskich, z części fizycznej — możliwość zbudowania prostych rachunkowo modeli Wszechświata.

