

## 2. Zasada kosmologiczna i prawo Hubble'a

---

Józef Gelbard (Bardek)

Oto drugi z serii artykułów przedstawiających główne treści zawarte w książkach, które ukazały się ostatnio:

**Pofantazjmy o Wszechświecie I.** Oscylujący? To nie takie proste

**Pofantazjmy o Wszechświecie II.** W głąb materii. Grawitacja w "podwymiarach" (Wydawnictwo Druktor 2011 Toruń). Informacja o książkach:

<http://www.kopernikanska.pl/index.php?a=search&k=-3&auth=Gelbard+J%F3zef>

2A

### Zasada kosmologiczna i prawo Hubble'a

W artykule **1** była mowa o zasadzie kopernikańskiej. Przez świat nauki zasada ta przyjęta została apriori jako rodzaj aksjomatu. Pięćset lat temu już sama myśl stanowiła ogromny przełom. Dziś raczej przyjmuje się to jako rzecz oczywistą do tego stopnia, że nawet jej łamanie przez rozliczne hipotezy i teorie nie stanowi problemu. Wprost przestała stanowić kryterium ich oceny. Stała się zdroworozsądkowym marginesem i nie zaprzęta umysłów zajętych sprawami "poważniejszymi". Jeszcze trochę, a zajmować się nią będą tylko historycy nauki. Czy słusznie (w związku z tym "tylko")? Dziś bowiem nie mówi się o ruchu galaktyk jako takim. Jak wiadomo, dziś mówi się tylko i wyłącznie o rozszerzaniu się przestrzeni. W tym kontekście zasada kosmologiczna jest jakby nerelevantna. Czy słusznie? Ponawiam pytanie.

Główną konsekwencją przyjęcia tej zasady, w odniesieniu do dynamiki obiektów o znaczeniu kosmologicznym, była (patrz artykuł **1**) hipoteza o proporcjonalności ich prędkości względnych do wzajemnych odległości. Symbolicznie przedstawia to wyrażenie:  $v/r = \text{const}$ . To rodzaj antycypacji. Czy badania naukowe ją potwierdzą? Czy możliwe jest wyznaczenie wielkości tej stałej?

#### Odkrycie Hubble'a

Jedną z najważniejszych metod badawczych astrofizyki jest analiza widmowa, dzięki której poznajemy skład chemiczny badanych obiektów, ich parametry termodynamiczne, a także opisujemy ich ruch. Nim się tutaj zajmujemy. Wiadomo, że linie określonego widma obiektu poruszającego się, przesunięte są względem tychże linii widma laboratoryjnego. Przyczyną tego jest jak wiadomo efekt Dopplera. Dysponując wielkością przesunięcia linii (**z**) możemy wyznaczyć prędkość obiektu. Znane są też metody pomiaru odległości. "Interesujące, **czy istnieje jakiś związek między prędkością obiektów, a ich odległością?**" Pytanie to zadać można nawet jako naturalną kolej rzeczy, wprost z nagromadzenia danych obserwacyjnych, bez uświadomienia, że wiąże się ono bezpośrednio z zasadą kosmologiczną. Jeśli żaden związek nie istnieje, to powierzchnia zawarta między osiami prędkości i odległości (OXY) pokryta powinna być równomiernie punktami określonymi przez te dwa parametry, jeśli uwzględnić odpowiednio dużą liczbę obiektów, bo wszelkie pary liczb są możliwe. Wynik taki oznaczałby, że bardziej do przyjęcia jest model drugi z trzech wymienionych w artykule **1** mających spełniać zasadę kosmologiczną. Dla przypomnienia, model ten zakłada statyczność nieskończonego Wszechświata. Badanie to przeprowadził Edwin Hubble. Przede wszystkim odkrył, że **wszystkie nielocalne** (nie należące do lokalnej drupy, w skład której wchodzi nasza Galaktyka) **obiekty oddalają się**. W roku 1929 ogłosił wyniki swych badań. Pomimo, że dysponował dość ubogim zbiorem danych (kilkanaście wiarygodnych par liczb), okazało się, że już w tym bardzo ograniczonym zbiorze danych istnieje wyraźna liniowa zależność pomiędzy prędkością galaktyki, a jej odległością. Z przeprowadzonego badania wynika więc zależność wprost proporcjonalna między względną prędkością obiektów

o znaczeniu kosmologicznym, a ich wzajemną odległością. Choć uczony ten nie dysponował wystarczająco bogatym zbiorem danych, zdecydował się na opublikowanie pracy, przekonany, i słusznie, że dokonał odkrycia. Dalsze obserwacje potwierdziły to. Ciekawe, że odkrycie zaskoczyło świat nauki i nikt (ważny) nie pomyślał, że to "tylko" potwierdzenie znanej od dwiema dawnymi Zasadami. Samo spostrzeżenie nazwane zostało prawem Hubble'a. Zapisuje się to w następującej postaci:  $v = Hr$  (1). Tutaj:  $H$  - to oczywiście współczynnik proporcjonalności widniejący w antycypacji bezpośrednio wynikającej z zasady kosmologicznej, jako "const". Nosi on nazwę stałej Hubble'a. Jej wartość szacuje się dziś na:

$$H = (15-20)\text{km/s/na milion lat świetlnych} \quad \text{lub: } H = (48,9-65,2)\text{km/s/Mps}$$

[Mps - megaparsek, czyli milion parseków; parsek, to odległość odpowiadająca paralaksie sekundowej i wynosi 3,26 roku świetlnego]  $H$  jest zatem właśnie tym szukanym parametrem obserwacyjnym, o którego potrzebie wyznaczenia zasygnalizowałem w artykule **1**, w konsekwencji rozważań nad wnioskami z zasady kosmologicznej (model trzeci).

Okazuje się więc, że bardzo odległe galaktyki, wszystkie bez wyjątku, oddalają się od nas, przy czym prędkości ich są proporcjonalne do odległości. Spójne to jest oczywiście z wnioskami wynikającymi z zasady kosmologicznej. Nie psuje tego fakt, że niektóre galaktyki zbliżają się. Na przykład galaktyka M 31 w Andromedzie zbliża się do nas z prędkością ok. 300 km/s. Jest to jednak ruch lokalny jednej z najbliższych galaktyk, bez jakiegokolwiek znaczenia kosmologicznego.

Reasumując możemy stwierdzić, iż odkrycie Hubble'a: a) stanowiło potwierdzenie obserwacyjne zasady kosmologicznej; b) umożliwiło wyznaczenie wartości liczbowej stałej przewidywanej przez tę zasadę; c) sugeruje nawet, że prędkości względne są stałe, a ściślej, stały jest stosunek  $c/v$ . To trzecie stwierdzenie, pomimo, że to tylko sugestia, z pewnością zaskoczy niejednego czytelnika, nawet wywoła sprzeciw.

I na tym właśnie polega zasadniczy postęp, jaki dokonał się dzięki odkryciu. Wyniki do jakich doszedł Hubble w swych badaniach, należy to zaznaczyć, choć bezpośrednio wynikają z zasady kosmologicznej, nie w pełni koherentne były z „zastaną” dynamiką badań. Nie dziw, że samo odkrycie, stanowiło rodzaj niespodzianki godząc w „obowiązujące” dotąd modele Wszechświata statycznego i nieskończonego. To na prawdę ciekawy przyczynek do historii nauki. A dzisiaj?

### **Prawo Hubble'a i ekspansja Wszechświata.**

Stwierdziliśmy zatem, że Wszechświat rozszerza się, bo taki jest kierunek prędkości obiektów mających znaczenie kosmologiczne. Po prostu wszystkie obiekty oddalają się. Już w artykule **1**, w konsekwencji przyjęcia zasady kosmologicznej, uznaliśmy, że istnieje kres górny prędkości obiektów, równy oczywiście prędkości światła. (Wynikł stąd wniosek, że rozmiary liniowe Wszechświata są ograniczone.) Mimo wszystko zapytajmy, tak z głupia frant, nie po raz ostatni zresztą: **Jaka jest prędkość ekspansji Wszechświata?** To pytanie „z głupia frant” jest jednym z pytań zasadniczych. Czy jest to prędkość „frontu natarcia”? Tak można sobie wyobrazić miejsce geometryczne - zbiór punktów o maksymalnej, niezmienniczej prędkości  $c$ . Jak się okaże, ten „front” ma spore znaczenie i jego sens jest głębszy. Nie mniej ważne jest rozstrzygnięcie sprawy prędkości względnych odległych ciał niebieskich. Oczywiście, w kontekście naszych rozważań chodzi o uogólnioną prędkość względną obiektów mających znaczenie kosmologiczne.

Na tym etapie rozważań możemy sobie wyobrazić, że niezmienniczy „horyzont” tworzy sferyczną (w sensie miejsca geometrycznego kierunków patrzenia), nieprzebywalną granicę dla niezliczonych obiektów oddalających się od nas, a jego prędkość jest kresem górnym ich prędkości względem nas, czyli równa jest  $c$ . Tę właśnie prędkość nazywać będę dalej prędkością ekspansji (świadom tego, że powszechnie podchodzi się do sprawy inaczej). *Do wielu spraw podchodzę w swych książkach po swojemu. Nie ma rady. Cechy modelu narzucają stosowny zestaw pojęć i definicji. Model ten różni się zresztą znacznie od tego, co dziś przyjęte. Nie musi to automatycznie oznaczać, że stanowi poważną alternatywę dla dzisiejszych przekonań, choć kto wie.. Z drugiej strony potrzeba udowodnienia, że ta druga droga jest błędna, być może da asumpt do zastanowień, do refleksji. Czy do wzmożenia badań? Proszę o wyrozumiałość i odrobinę cierpliwości. Wszak nawet nie zdążyłem uzasadnić tego, że istnieje sens zjechania z autostrady na jakąś wyboistą dróżkę wzdłuż przepastnej grani, prowadzącą do...(kąd?)*

Sprawą o zasadniczym znaczeniu jest jednak to, czy prędkości względne obiektów są stałe, czy też zmienne, ewentualnie, jak się zmieniają. Czy rzeczywiście o to chodzi gdy mówimy na przykład o ekspansji spowalnianej? W

grę wchodzi także sprawa kontaktu, możliwości dostrzeżenia obiektu. Oczywiście wiąże się to bezpośrednio z prędkością światła. Z tym też wiąże się „podejście łącznościowe” (tak to nazwałem), stanowiące właściwie podstawę dzisiejszej kosmologii. W książce, a także w prezentowanych tu artykułach, podejście to poddane jest weryfikacji.

Jak więc wygląda sprawa prędkości względnych? Chodzi oczywiście o ogólną tendencję, a nie li tylko o wybraną parę obiektów. Właściwie należałoby zapytać (w tym momencie) inaczej: Czy prędkość względna obiektów jest stała w czasie? Otóż do niedawna sądzono, że maleje, z powodu grawitacji, podobnie jak ciało podrzucone do góry zwalnia, by w końcu zatrzymać się, a potem spadać z powrotem. Dziś sądzi się, już powszechnie, że wzrasta za sprawą ciemnej energii. Jest to jednak mimo wszystko rzecz świeża, na razie nie potwierdzona ostatecznie. W jednym z następnych artykułów ustosunkuję się do tej kwestii, wskazując na zgoła inną możliwą przyczynę zauważonego efektu obserwacyjnego. Na razie zaznaczyć należy, że bezpośredni pomiar ewentualnych zmian prędkości (kosmologicznych) nie jest możliwy. Jeśli nawet zachodzą, są zbyt powolne. Rzecz ustala się drogą pośrednią. Problem jednak w tym, że ustalenia te nie oznaczają absolutnej prawdy, że są nawet funkcją stanu aktualnych zapastrykań. Tys prowda.

Wróćmy do współczynnika  $H$ . Aktualnie obowiązuje podejście, zgodnie z którym współczynnik  $H$  jest parametrem określającym tempo ekspansji. Podstawę dla dociekań kosmologicznych stanowi dziś równanie Friedmanna, bazujące na ogólnej teorii względności. Mowa więc o ekspansji przestrzeni, a nie o ruchu jako takim konkretnych obiektów. Sam „parametr”  $H$  określa się następująco:  $H = \dot{a}/a$ . Tutaj  $a$  to tzw. czynnik skali. Którego odpowiednikiem jest odległość związana z rzeczywistym ruchem materii, natomiast  $\dot{a}$  (w liczniku) oznacza pochodną względem czasu, odpowiadającą prędkości (w tradycyjnym pojmowaniu ruchu). Podejście to nie jest jednak konsyistentne z koncepcją przedstawioną w tej pracy. Podkreślam: podejście, a nie ostateczne (na wieki wieków) ustalenie.

Zatem, jak to jest z prędkościami względnymi? Ponawiam pytanie. „Prędkościami? Przecież tu chodzi o przestrzeń, która się nadyma coraz wolniej lub coraz szybciej.” Mi jednak chodzi o prędkości. Kosmologia naiwna... Dziś sądzi się bez cienia wątpliwości, że zmiana dotyczy jedynie metryki przestrzeni, jej zakrzywienia. Do niedawna sądzono, że „prędkości” maleją, dziś, że rosną. O stałość prędkości względnych w dodatku opisujących prawdziwy, faktyczny ruch względny obiektów (a nie prędkości wzrostu czynnika skali), nikt Wszechświata nie podejrzewa. Ideałami niech się zajmują filozofowie.

- A zasada kosmologiczna?

- Oczywiście tendencja, taka, czy inna, dotyczyć ma wszystkich obiektów o znaczeniu kosmologicznym (odpowiednio oddalonych). „Jeśli tempo maleje (wzrasta) dla każdego obserwatora w tym samym stopniu, to zasada ta jest spełniona. Wraz z tym Wszechświat się rozszerza. Jego krzywizna maleje, co oznacza, że „moc” grawitacji jest coraz mniejsza. Zatem grawitacyjne hamowanie ekspansji jest coraz słabsze, co mogłoby oznaczać w subiektywnym odczuciu, jej przyśpieszenie (nawet bez uwzględnienia ciemnej energii).” Tak w uproszczeniu mógłby skwitować sprawę miłośnik astronomii, pytając równocześnie: „Jak się ma ta krzywizna (jakakolwiek by nie była) do stwierdzonej obserwacyjnie płaskości geometrii Wszechświata?” Jak widać, sprawa wcale nie jest zakończona (nie tylko dla amatorów).

Na razie pozwolić sobie można na stwierdzenie, że standardowy Wszechświat (raczej w innym standardzie), zgodnie z koncepcją preferowaną tutaj, jako całość, rozszerza się z prędkością światła. To rozszerzanie się byłoby faktyczną Ekspansją Hubbrowską. Jeśli jakiś punkt oddala się od nas z prędkością niezmienniczą  $c$ , to jest oddalony od nas w maksymalnym stopniu. Odległość, w jakiej znajduje się nazwijmy **Promieniem Hubbrowskim Wszechświata**. Niedługo, w innym artykule powiżemy go z promieniem grawitacyjnym. Konkretnie obiekty oczywiście znajdują się bliżej. Czy wszystko, co się znajduje bliżej można zobaczyć? Czy hubbrowski horyzont Wszechświata pokrywa się z horyzontem łącznościowym\*? Czy istnieje (mimo wszystko) coś poza tym horyzontem? Oto przykłady pytań, z którymi prędzej czy później trzeba będzie się zmierzyć. Nie wszystko na raz. Spróbujmy jednak odpowiedzieć już teraz na następujące pytanie? Co przedstawia sobą sam horyzont? Czy tylko jakiś tam „front”, będący miejscem geometrycznym punktów, których prędkość równa jest  $c$ ? Otóż front ten jest też miejscem Wybuchu. Tam-Wtedy to się stało. Chodzi o to, że tuż po tym horyzont był bardzo blisko nas, tylko sięgnąć ręką. Od tego momentu oddala się z prędkością światła a teraz jest już sferą stanowiącą kres Wszechświata i właśnie tam strzeżona jest tajemnica genesis. Im dalej wzrok nasz sięga, tym dawniejsze czasy możemy dostrzec. Jak daleko znajduje się dziś horyzont? Ile czasu minęło od momentu Wybuchu? Próba odpowiedzi na te pytania w części drugiej.

\*) W powszechnie przyjętej nomenklaturze jest to „horyzont kosmologiczny”.

---

Autor: bardek

Artykuł pobrano ze strony [eioba.pl](http://eioba.pl)