Przedwczesna decyzja o nagrodzie Nobla?

Yousaf M. Butt
(ybutt2002@yahoo.com) Cambridge, Massachusetts

(Tekst przetłumaczony za zgodą Wydawcy i Autora z:
Yousaf M. Butt, „Premature Nobel Prize decision?", *Physics Today*, February 2012, str. 10.
Copyright 2012, American Institute of Physics).

Streszczenie: Nagroda Nobla z fizyki za rok 2011 została przyznana przedwcześnie – dyskusja na temat pociemnienia supernowych nadal trwa. Dyskutowana jest zarówno wielkość pociemnienia, jak też jego kosmologiczna interpretacja. Na tym etapie decyzja komitetu noblowskiego w niekorzystny sposób wpłynie na swobodę dalszej dyskusji. Tezy te przedstawia list czytelnika przetłumaczony z *Physics Today*, poparty bardziej szczegółowymi uwagami tłumacza.

Premature Nobel Prize decision?

Abstract: The Nobel Prize in physics for 2011 was awarded prematurely – the dimming of distant supernovae is still a live matter of discussion. The measure of the dimming and its cosmological interpretation are both being disputed. At this stage, the decision of the Nobel Prize committee will adversely influence the liberty of further discussion. These theses are presented in a reader's letter translated from *Physics Today*, supported by more detailed comments of the translator.

Przyznanie nagrody Nobla z fizyki w r. 2011 „za odkrycie przyspieszającej ekspansji Wszechświata" (patrz *Physics Today*, grudzień 2011, str. 14) było ryzykownym wkroczeniem w zależną od modelu spekulację, opartą na obserwacjach supernowych o dużym redshifcie. Interpretacja odkrycia zrobionego *zaledwie* 13 lat temu, że światło z odległych supernowych typu Ia wydaje się mniej intensywne niż oczekiwaliśmy, jest nadal bieżącym tematem badań astrofizycznych.

W większościowym nurcie kosmologii supernowe typu Ia są traktowane jako możliwe do skalibrowania świece standardowe. Ponieważ bardziej odległe spośród nich wydają się systematycznie mniej jasne niż oczekiwano, prosta konkluzja mówi, że Wszechświat rozszerza się z coraz większą prędkością. Ale metodologia, która służy do poprawnej kalibracji maksymalnej jasności supernowych typu Ia – a więc do ich zastosowania w kosmologii – jest oparta na podstawach empirycznych i może wprowadzać systematyczne błędy, które prowadzą do fałszywego wrażenia przyspieszającej ekspansji Wszechświata.

Maksymalne jasności absolutne supernowych typu Ia zależą od zawartości niklu 56 w produktach eksplozji i różnią się między sobą o czynnik 3. Tymczasem obserwacje wykazały, że odległe supernowe typu Ia, po empirycznych korektach, są tylko o 25% mniej jasne niż oczekiwano. W roku 2011 nowe korekty, oparte na masach galaktyk zawierających supernowe, wprowadziły nowe poprawki do kalibracji jasności [1] rzędu 10%. Ta dziedzina jest, jak widać, w trakcie ewolucji; nowe systematyczne poprawki być może trzeba będzie wprowadzać w przyszłości.

Różne alternatywy względem przyspieszającego Wszechświata także zostały zaproponowane [2]. Czy te alternatywy nadają się do przyjęcia, okaże się w przyszłości, ale Noblowski Komitet Fizyki być może zadziałał nieco przedwcześnie wybierając uprzywilejowaną interpretację danych zebranych w ramach projektu obserwacji supernowych. Skutkiem, zamierzonym lub nie, jest zastraszenie sceptyków, powodujące ich milczenie, autocenzurę albo ośmieszenie. Tymczasem rzetelna nauka rozwija się przy udziale zdrowej dawki sceptycyzmu i przy otwartych umysłach.

Może okazać się, że Wszechświat rzeczywiście rozszerza się ruchem przyspieszonym. Jednakże, naukowa kwestia losów Wszechświata jest zbyt ważna, aby rozstrzygać ją rozporządzeniem komitetu noblowskiego. Ta kwestia nie jest jeszcze zamknięta, pomimo nagrody Nobla 2011.

Tłumaczył Andrzej Krasiński,
Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika,
Polska Akademia Nauk, ul. Bartycka 18,
00 716 Warszawa

Komentarz tłumacza

Autor napomknął tylko o alternatywnych objaśnieniach obserwacji supernowych, a ten temat zasługuje na szersze omówienie. Zacząć należy od podkreślenia, że „przyspieszająca ekspansja" Wszechświata *nie jest* faktem obserwacyjnym. Takim faktem jest mniejsza od oczekiwanej maksymalna jasność absolutna dalekich supernowych typu Ia („pociemnienie supernowych")[1]. Przyspieszająca ekspansja Wszechświata jest elementem *teoretycznego objaśnienia* tego faktu. Konkluzja o przyspieszającej ekspansji wynika z zastosowania bardzo prostej klasy modeli kosmologicznych do interpretowania obserwacji – mianowicie izotropowych i przestrzennie jednorodnych modeli Robertsona – Walkera (RW). Traktowanie jej jako faktu obserwacyjnego jest błędem metodologicznym.

Alternatywne objaśnienia idą w dwu kierunkach:

I. Wszechświat w skali gromad galaktyk jest niejednorodny (i jeszcze bardziej niejednorodny w mniejszych skalach). Stosując modele ewolucji w wielkiej skali, takie jak RW, wyobrażamy sobie, że dokonaliśmy uśrednienia wszystkich wielkości fizycznych i geometrycznych po objętości. Operacyjne szczegóły i skutki takiego „uśredniania w wyobraźni" są jednak nieznane. Nie istnieje ścisły przepis na uśrednianie geometrii, ale próby, prowadzone metodami przybliżonymi albo metodami dobranymi do przypadków szczególnych, wskazują, że uśrednianie równań pola grawitacyjnego (równań Einsteina) produkuje dodatkowe człony, które w wielkoskalowym równaniu ewolucji ujawniają się jako ujemna poprawka do gęstości masy. Poprawka taka imituje człon kosmologiczny, czyli przyspieszającą ekspansję – bez konieczności wprowadzania „ciemnej energii". Opis aktualnego stanu wiedzy w tej dziedzinie można znaleźć w poz. [3], półelementarne wprowadzenie do tej tematyki zawiera rozdział 8 w poz. [4].

II. Znane są ścisłe rozwiązania równań Einsteina, które, przy pewnych założeniach o rozkładzie materii i/lub o symetrii czasoprzestrzeni, opisują ewolucję niejednorodnego Wszechświata. Najpopularniejszym z nich jest obecnie model Lemaître'a – Tolmana (LT)[2], opisujący sferycznie symetryczne zaburzenie nałożone na tło modelu RW z zerowym ciśnieniem. Podkreślam, że mowa jest tu o zaburzeniu *ścisłym*, nie perturbacyjnym, spełniającym równania Einsteina bez żadnych przybliżeń. Zamiast prędkości ekspansji proporcjonalnej do przestrzennej odległości od obserwatora i zmiennej tylko w czasie, występującej w modelach RW, w modelu LT mamy prędkość ekspansji zmienną w przestrzeni w sposób dowolny, nieskorelowany z odległością, i zmienną w czasie w sposób określony przez równania Einsteina. Dobierając odpowiedni przestrzenny rozkład prędkości ekspansji można w tym modelu wyjaśnić obserwacje supernowych Ia bez użycia „ciemnej energii" i przy prędkości ekspansji malejącej z czasem, w zgodzie z prawami grawitacji.

Z powodów trudnych do wyjaśnienia, wszystkie próby poważnego potraktowania modeli kosmologicznych ogólniejszych niż RW budzą wśród astronomów irracjonalny zawzięty opór. Objawia się on, między innymi, w postaci publikacji przygotowanych bez należytej znajomości tematu, zmierzających do udowodnienia, że model LT jest sprzeczny z obserwacjami. Publikacje te stają się następnie źródłami „wiedzy" dla czytelników o poziomie kompetencji porównywalnym z autorami, a zawarte w nich błędne tezy, przez wielokrotne powtarzanie, zyskują status udowodnionych prawd. Oto kilka wątków tej dyskusji:

1. Błędna teza: Użycie modelu LT do wyjaśnienia obserwacji supernowych prowadzi do wniosku, że naszą Galaktykę otacza wielka sferycznie symetryczna pustka, o promieniu różnie ocenianym przez różnych autorów – od 400 do 1500 Mpc [7]. Przyjmując jej istnienie za pewnik, różni autorzy używają wyników obserwacji składowych fourierowskich mikrofalowego promieniowania tła, aby dowieść, że nasza Galaktyka musiałaby znajdować się bardzo blisko środka tej pustki, co przeczy „zasadzie kosmologicznej" (zbyt wiele prac, aby je cytować).

Wyjaśnienie: teza o istnieniu wielkiej pustki jest błędna. Wynika ona tylko wtedy, gdy sztucznie ograniczymy ogólność modelu LT. Model ten zawiera dwie funkcje dowolne zmiennej radialnej, które stanowią dane początkowe dla równania ewolucji. Jedna z nich, $M(r)$, opisuje początkowy rozkład gęstości masy, druga, $t_B(r)$ – rozkład czasowy wybuchu początkowego, który w modelu LT, w naturalnej kosmologicznej synchronizacji, na ogół nie jest równoczesny. Wniosek o istnieniu pustki wynika przy

[1] Autor listu zgłasza wątpliwości nawet co do tego faktu, słusznie podkreślając, że nie jest to czysty rezultat obserwacji. Interpretacja prawie wszystkich obserwacji kosmologicznych wymaga założeń teoretycznych, w tym założeń o modelu Wszechświata.

[2] Wyprowadzenie tego modelu z równań Einsteina oraz opis jego własności i zastosowań można znaleźć w poz. [5]; został on po raz pierwszy przedstawiony w pracy G. Lemaître'a [6].

założeniu, że funkcja $t_B(r)$ jest stała – jak w modelach RW. Bez narzuconych ograniczeń, model LT można dopasować do wyników obserwacji supernowych i do *dowolnego* przestrzennego rozkładu gęstości, co zostało udowodnione i zademonstrowane na numerycznych przykładach [7].

2. Błędna teza: modele LT imitujące przyspieszającą ekspansję muszą w środku symetrii zawierać „słabą osobliwość" [8].

Wyjaśnienie: Rzekoma „słaba osobliwość" nie jest osobliwością. Krzywizna w środku symetrii jest w tych modelach ograniczona. To, co autorzy pracy [8] nazwali „słabą osobliwością" jest w rzeczywistości nieciągłością drugiej pochodnej gęstości masy po zmiennej przestrzennej – zupełnie nieszkodliwym zjawiskiem występującym np. na powierzchni Ziemi. Dokładniejsze omówienie tej kwestii zawiera praca [9].

3. Błędna teza: modele niejednorodne z zerową stałą kosmologiczną nie mogą być dopasowane do funkcji $D_L(z)$ wynikającej z obserwacji supernowych. Wielkość D_L jest odległością jasnościową między obserwatorem na Ziemi a badaną supernową, z – obserwowanym dla niej przesunięciem ku czerwieni. Niemożliwość ta ma wynikać z równania [10]:

$$H^2(z)\, q_4 = 4\pi\rho/3 + 14\sigma^2/15, \qquad (1)$$

gdzie H jest współczynnikiem Hubble'a, q_4 – parametrem deceleracji, ρ – uśrednioną w przestrzeni gęstością masy we Wszechświecie, zaś σ – ścinaniem, czyli wielkością opisującą deformację elementu objętości Wszechświata podczas niejednorodnej ekspansji. Definicje tych wielkości można znaleźć w poz. [5]; dla cytowanego rozważania istotne jest to, że (a) $\rho > 0$ z powodów fizycznych i (b) $q_4 > 0$ dla ekspansji ruchem opóźnionym i $q_4 < 0$ dla ekspansji ruchem przyspieszonym, na mocy definicji. Rzeczona niemożliwość ma wynikać z faktu, że obserwacje wskazują, iż $q_4 < 0$, natomiast równanie (1) implikuje $q_4 > 0$.

Wyjaśnienie: równanie (1) jest oparte na przybliżeniach, które autorzy pracy [10] przemilczeli. Używanie przybliżonego równania do określania znaku jakiejkolwiek wielkości jest oczywistym błędem. Jeśli potraktujemy przybliżenia ukryte w wyprowadzeniu (1) jako ścisłe założenia, to model LT redukuje się do rozwiązania próżniowego (Schwarzschilda) i nie jest w tej granicy modelem Wszechświata [9]. Ponadto, obserwacyjny wniosek, że $q_4 < 0$, został wyprowadzony w oparciu o model RW. W modelu LT wielkość q_4 nie jest *miarą deceleracji* [9]. Do kwestii używania wniosków z modelu RW przy interpretacji modelu LT wrócimy poniżej.

4. Błędna teza: przy obliczaniu funkcji $z(D_L)$ dla modelu LT napotykamy „patologię": przy pewnej odległości $D_L = \mathcal{H}$ przesunięcie ku czerwieni z dąży do nieskończoności [8].

Wyjaśnienie: w odległości $\mathcal{H}$ napotykamy *horyzont widzialny* (apparent horizon) – miejsce, w którym przestrzenna średnica przeszłego stożka świetlnego osiąga maksimum i zaczyna maleć przy dalszym oddalaniu się od obserwatora. Efekt ten jest od dawna znany i występuje także w modelach RW. Nieskończona wartość z jest efektem czysto numerycznym: w równaniu, które trzeba scałkować, aby obliczyć $z(D_L)$, wielkość dD_L / dz, równa zeru dla $D_L = \mathcal{H}$, występuje w mianowniku [9], tworząc wyrażenie nieokreślone postaci 0/0. Prostodusznie napisane programy numeryczne nie radzą sobie z takimi wyrażeniami i dają rezultaty nieprzewidywalne. Rozwiązania tego problemu są znane i opublikowane [7, 11].

Obecnie jednym z kierunków ataku przeciwników modelu LT są próby udowodnienia, że funkcja $t_B(r)$ musi być stała, ponieważ nierównoczesny wybuch początkowy prowadzi do sprzeczności z rozmaitymi pomiarami charakterystyk promieniowania tła [12]. Ze stałą funkcją $t_B(r)$ model LT jest okaleczony i rzeczywiście bezradny wobec szeregu problemów. Ten argument nie doczekał się jeszcze szczegółowej repliki. W związku z nim należy jednak podkreślić, co następuje. Aby rzetelnie porównać z obserwacjami model LT (albo jakikolwiek inny), należy systematycznie zastosować go na każdym etapie analizy wyników obserwacyjnych. To wymagałoby ponownego przebadania wielkiej ilości danych. Nad takim programem pracuje C. Hellaby ze współpracownikami [11], ale praca ta nie jest bliska zakończenia. Z braku lepszych możliwości, autorzy obecnie publikowanych prac używają wyników obserwacji zinterpretowanych w oparciu o modele RW do wyciągania wniosków dotyczących funkcji $M(r)$ i $t_B(r)$ w modelu LT. Jest to uprawnione, jeśli celem tej działalności jest wskazywanie nowych potencjalnych możliwości, jakie model LT stwarza, przy milczącym założeniu, że wyniki te zostaną w przyszłości poddane ponownej analizie w ramach całościowej rewizji materiału obserwacyjnego w oparciu o model LT. Nakładanie na funkcje $M(r)$ i $t_B(r)$ ścisłych ograniczeń w oparciu o prowizoryczną mieszankę nieuzgodnionych wewnętrznie danych jest pozbawione sensu. Prosty przykład: przestrzenny obraz struktur takich, jak gromady galaktyk albo pustki, jest otrzymywany w oparciu o prawo Hubble'a, które obowiązuje *tylko* w modelach RW. Rekonstrukcja przestrzennego rozkładu materii przeprowadzona konsekwentnie w oparciu o model LT mogłaby dać całkiem inne wyniki, o których obecnie nie wiemy nic.

Przedstawione tu omówienie sytuacji ilustruje dwie główne tezy Y. Butta:

1. Wyjaśnienie pociemnienia supernowych poprzez przyspieszającą ekspansję Wszechświata nie jest jedynym możliwym w ramach klasycznej teorii względności Einsteina i dyskusja nad innymi wyjaśnieniami nadal trwa.

2. Przyznając nagrodę Nobla za to „odkrycie" komitet noblowski, chyba po raz pierwszy w swojej historii, wystąpił w roli uczestnika i arbitra dyskusji, zamiast spokojnie zaczekać na rozstrzygnięcie wątpliwości przez autentycznych ekspertów.

Literatura:

[1] P. L. Kelly i inni, *Astrophys. J.* **715**, 743 (2010).

[2] Patrz, na przykład, C. Tsagas, *Phys. Rev. D* **84**, 063503 (2011).

[3] *Classical and Quantum Gravity*, vol. **28** nr 16 (2011) – zeszyt specjalny poświęcony niejednorodnym modelom kosmologicznym i uśrednianiu. Patrz w szczególności:
E. W. Kolb, *Class. Quant. Grav.* **28**, 164009 (2011).
K. Bolejko, M-N. Célérier, A. Krasiński, *Class. Quant. Grav.* **28**, 164002 (2011).

[4] A. Krasiński, *Inhomogeneous Cosmological Models*. Cambridge University Press 1997, 317 pp.

[5] J. Plebański, A. Krasiński, An introduction to general relativity and cosmology. Cambridge University Press 2006, 534 pp.

[6] G. Lemaître, *Ann. Soc. Sci. Bruxelles* **A53**, 51 (1933); angielski przekład z komentarzem historycznym: *Gen. Rel. Grav.* **29**, 637 (1997).

[7] M.-N. Célérier, K. Bolejko, A. Krasiński, *Astronomy and Astrophysics* **518**, A21 (2010).

[8] R. A. Vanderveld, E. E. Flanagan, I. Wasserman, *Phys. Rev.* **D74**, 023506 (2006).

[9] A. Krasiński, C. Hellaby, K. Bolejko, M.-N. Célérier, *Gen. Rel. Grav.* **42**, 2453 (2010).

[10] C. M. Hirata, U. Seljak, *Phys. Rev.* **D72**, 083501 (2005).

[11] M. L. McClure, C. Hellaby, *Phys. Rev.* **D78**, 044005 (2008).

[12] P. Bull, T. Clifton, P. G. Ferreira, *Phys. Rev.* **D85**, 024002 (2012).

KRONIKA

Walne Zebranie Toruńskiego Oddziału PTF

W czwartek 9 lutego 2012 r. o godz. 12:15 odbyło się Walne Zebranie Toruńskiego Oddziału PTF. W wyniku przeprowadzonych wyborów w skład Zarządu TO PTF weszli: dr Janusz Szatkowski (przewodniczący), dr Beata Derkowska-Zielińska (skarbnik), dr hab. Winicjusz Drozdowski (sekretarz), dr Krzysztof Przegiętka (członek) i Piotr Strzelewicz (członek). Powołano też nową Komisję Rewizyjną w składzie: prof. Stanisław Łęgowski (przewodniczący), dr Przemysław Płóciennik i dr Józefina Turło. Bieżącą działalność TO PTF można obserwować za pośrednictwem strony http://ptf.fizyka.umk.pl.

XXV wykład im. Aleksandra Jabłońskiego

W czwartek 23 lutego 2012 r. o godz. 17:15 w Instytucie Fizyki UMK prof. Włodzisław Duch z Katedry Informatyki Stosowanej Wydziału Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej UMK wygłosił wykład pt. „Mózgi i umysły, czyli co o sobie wiemy". Był to już dwudziesty piąty z corocznych Wykładów im. Aleksandra Jabłońskiego, organizowanych od 1988 r. w kolejne rocznice urodzin prof. Jabłońskiego, twórcy toruńskiej szkoły fizyki.

Winicjusz Drozdowski,
Toruń, luty 2012