



Rys. 3. W rozszerzającym się Wszechświecie przestrzeń „puchnie”. Wzrost odległości między ustalonymi punktami-galaktykami opisuje funkcja  $a(t)$ .

takie same i mogą być nieskończone. Liczba  $a(t)$  mówi nam o tym, jak zmienia się skala tych plastrów. Na przykład, w tzw. modelu płaskim poszczególne plastry są trójwymiarowymi przestrzeniami euklidesowymi. Gdy zaznaczymy dowolne dwa punkty (tj. odległe galaktyki), to ich fizyczna odległość będzie zmieniała się zgodnie ze wzorem  $L = a(t)L_0$ . Model kosmologiczny przewiduje, że dla odpowiednio małego parametru  $t$  czynnik skali wyniesie 0 i cały nieskończony plaster zostanie ściśnięty tak, że odległość dowolnych dwóch punktów wyniesie zero – i gęstość Wszechświata będzie nieskończona. Podobnie jak w przypadku sferycznie symetrycznym jest to punkt, w którym załamuje się teoria. Tę osobliwość nazywamy popularnie Wielkim Wybuchem, choć dziś miano to zarezerwowano raczej dla procesu, w którym wyłonił się gorący, wypełniony promieniowaniem Wszechświat.

Istnienie tych dziwnych punktów sprawia, że fizycy obdarzają teorię małym zaufaniem w ich otoczeniu. Wierzą, że tak jak dla materii, gdzie teoria kwantowa rozwiązała wiele problemów z niepożądanymi nieskończonościami, odpowiednia kwantowa teoria grawitacji i geometrii zapewni rozwiązanie problemu osobliwości. Jednak, choć wielu fizyków głowi się nieustannie nad sformułowaniem takiej teorii, jak dotąd ostateczna odpowiedź wymyka się umysłom badaczy, tworzących konkurencyjne modele. Jeden z takich modeli – pętlowa kwantowa grawitacja – pozwala przeformułować ogólną teorię względności w sposób, który czyni ją podobną kwantowym teoriom opisującym materię. Postępując analogicznie jak w tamtych przypadkach, otrzymujemy nowy model kosmologiczny, w którym nie występuje początkowa osobliwość Wszechświata. W modelu tym Wszechświat dawno temu kurczył się, osiągając stan o maksymalnej gęstości, po czym zaczął się rozszerzać i rozszerzanie to trwa po dziś dzień.

Czy jest to dobry opis? Tego zagwarantować nie można, model wymaga bowiem wciąż wiele pracy dla jego lepszego zrozumienia. Być może jednak jesteśmy świadkami wyłaniania się odpowiedzi na trapiący od dawna fizyków problem początkowej osobliwości. . .

Przedstawiony tutaj obraz jest, oczywiście, bardzo uproszczony i niepełny. Czytelnika Wnikliwego, który chciałby dowiedzieć się czegoś więcej o grawitacji i geometrii, odsyłam do podanej poniżej literatury:

- 1) R. Penrose, *Droga do rzeczywistości*.
- 2) M. Heller, *Ewolucja kosmosu i kosmologii*.
- 3) W. Kopczyński, A. Trautman, *Czasoprzestrzeń i grawitacja*.
- 4) B. F. Schulz, *Wstęp do ogólnej teorii względności*.

## Konkurs zadań astronomicznych

Na rozwiązania zadań A 9 i A 10 czekamy do 1 czerwca 2009 r. (decyduje data stempla pocztowego) pod adresem:

Centrum Astronomiczne  
im. Mikołaja Kopernika  
ul. Bartycka 18  
00-716 Warszawa

**A 9.** Brązowy karzeł o rozmiarach Jowisza (promień  $R = 70\,000$  km) ma temperaturę powierzchniową  $T = 1400$  K. Jaka jest moc jego promieniowania w stosunku do mocy Słońca, którego temperatura powierzchniowa jest równa  $T_{\odot} = 5800$  K? Brakującą daną weź z tablic. [1 pkt]

**A 10.** Energia wyzwolona przy syntezie jednego jądra helu z czterech protonów to 27 MeV. Proces syntezy helu w jądrze gwiazdy typu Słońca ustaje po zużyciu 10% zapasu wodoru, natomiast gwiazda nadal może palić wodór w powłoce na zewnątrz helowego jądra. Jak długo będzie trwać świecenie takiego Słońca kosztem spalania wodoru, jeśli proces zakończy się po zużyciu 13% całkowitego zapasu paliwa? Przyjmij masę Słońca równą  $2 \cdot 10^{30}$  kg, jego jasność  $3,8 \cdot 10^{26}$  W, a wodór niech stanowi 70% masy Słońca. [2 pkt]

### Rozwiązania zadań z numeru 3/2009

**A 5.** Jeżeli  $\sigma$  oznacza powierzchnię boiska, a  $S = 1360$  W/m<sup>2</sup> stałą słoneczną, to czas oczekiwanego naświetlania boiska wynosi

$$t = 4 \cdot 10^{15} / (\sigma S) = 4,2 \cdot 10^8 \text{ s} = 13,3 \text{ lat.}$$

**A 6.** Odległość mgławicy  $r = 4,7 \cdot 10^{19}$  m. Promień kątowy mgławicy  $1,75 \cdot 10^{-4}$  rad, co odpowiada  $8,2 \cdot 10^{12}$  km. O ile ekspansja mgławicy zachodzi jednostajnie, to czas ekspansji wynosi  $5,5 \cdot 10^{11}$  s, czyli 17 500 lat.