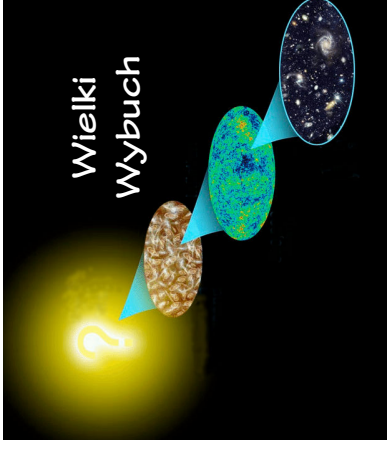


Wielki Wybuch



W ewolucja promienia Wszechświata, zgodnie z kilkoma modelami kosmologicznymi dla różnych wartości parametrów Ω_m , gęstości ciemnej energii Wszechświata. Ewolucja Wszechświata jest powiązana z wartością $\Omega = \Omega_m + \Omega_\nu$. Jeśli $\Omega = 5$, Wszechświat ponownie się skondensuje w Wielkim Kłapacie (złota krzywa). Jeżeli Wszechświat ma zerową ($\Omega = 1$), lub ujemną ($\Omega = 0.3$) krzywiznę, ekspansja będzie się rozciągać w nieskończoność (zielona i niebieska krzywa).

Obecne obserwacje prowadzą do czarnej krzywej Krzywizna wynosi zero, zaś ekspansja przyspiesza.

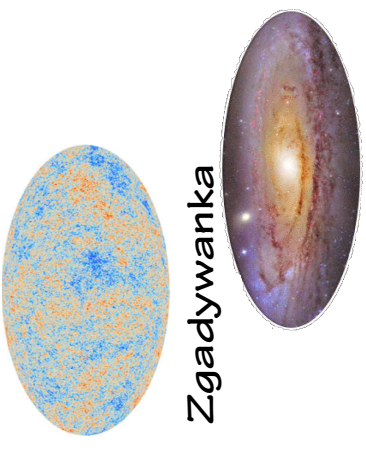
Stata Kosmologiczna

W 1915 r., Albert Einstein opublikował równania ogólnej teorii względności, które łączą geometrię Wszechświata z ilością zawartej w nim materii i energii. Dla uwzględnienia statycznego Wszechświata (w który wówczas wierono), dodał termin zwany statą kosmologiczną, Λ . Kiedy w 1929 r. stało się jasne, że Wszechświat się rozszerza, Einstein oświadczył, że wprowadzenie Λ było największym błędem jego życia.

Przez większość XX wieku, Λ było ignorowane. Jednak w 1998 r., używając supernowych typu Ia, które są silniejszymi wskaźnikami odległości niż Cefeidy, dwie grupy obserwatorów odkryły, że ekspansja Wszechświata przyspiesza.

Otrzymali oni za to odkrycie Nagrodę Nobla w 2011 r.

Zgadywanka



Który obrazek pokazuje promieniowanie reliktowe?

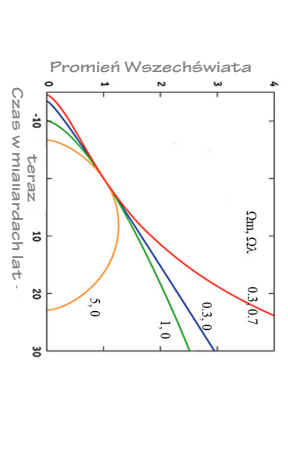
Odpowiedź na odwrócie

Horyzont Wszechświata

Dzisiaj możemy prześledzić większość historii Wszechświata, zaczynając od Wielkiego Wybuchu (patrz str. 10). Liczne obserwacje potwierdzają ten model kosmologiczny, a astronomowie zbadali już wiele obserwowalnego Wszechświata. Nie mogą obserwować odległości przekraczającej określony dystans, ponieważ sygnały przybywające na Ziemię nie mogą podróżować szybciej od światła, którego prędkość to 299 792 km/s. Zatem obserwowanie odległych obiektów to jakby cofanie się w czasie. Fotony, które widzimy dzisiaj z pierwszych galaktyk, zostały wemitowane 12-13 miliardów lat temu. Widzimy więc te galaktyki w okresie ich młodości.

Podczas obserwacji fotonów promieniowania relikowego, patrzmy w przeszłość o 13,8 miliardów lat (popatrz na stronę 12).

12



Horyzont obserwowalnego Wszechświata.

Wszyscy obserwatorzy znajdują się w centrum kuli reprezentującej ich obserwatoryjny Wszechświat. Nie mogą obserwować poza tym horyzontem. Galaktyki, które mogą istnieć poza tym horyzontem, nie miały czasu na komunikację z obserwatorami, ponieważ ich fotony, podróżujące z prędkością światła, nie miały wystarczająco dużo czasu, aby dotrzeć do obserwatorów.



Promieniowanie reliktowe

Następstwem ekspansji Wszechświata jest jego schładanie. Dziś jego temperatura to jedynie 3 stopnie powyżej zera absolutnego (3 K lub -270°C). Jest on skąpany w promieniowaniu będącym reliktem Wielkiego Wybuchu.

Promieniowanie to zostało to przypadkowo odkryte w 1965 r. przez radioastronomów Arno Penzias i Bob Wilson pracujących przy odbior-nikach fal milimetrovych. Zainterygowani słabym sygnałem ze wszech stron świata skonsultowali się z astrofizykiem Robertem Dicke i jego kolegami, którzy zasugerowali, że jest to promieniowanie kosmiczne Wielkiego Wybuchu. Za to odkrycie Penzias i Wilson otrzymali w 1978 r. nagrodę Nobla.

8

Wszechświat w mojej kieszeni

Wielki Wybuch

Françoise Combes
Observatorium Paryskie

TUIMP
Nr 12
THE UNIVERSE IN MY POCKET

Zgadywanka

Który obrazek pokazuje promieniowanie reliktowe?

Odpowiedź na odwrócie

Horyzont Wszechświata

Dzisiaj możemy prześledzić większość historii Wszechświata, zaczynając od Wielkiego Wybuchu (patrz str. 10). Liczne obserwacje potwierdzają ten model kosmologiczny, a astronomowie zbadali już wiele obserwowalnego Wszechświata. Nie mogą obserwować odległości przekraczającej określony dystans, ponieważ sygnały przybywające na Ziemię nie mogą podróżować szybciej od światła, którego prędkość to 299 792 km/s. Zatem obserwowanie odległych obiektów to jakby cofanie się w czasie. Fotony, które widzimy dzisiaj z pierwszych galaktyk, zostały wemitowane 12-13 miliardów lat temu. Widzimy więc te galaktyki w okresie ich młodości.

Podczas obserwacji fotonów promieniowania relikowego, patrzmy w przeszłość o 13,8 miliardów lat (popatrz na stronę 12).

Wielki Wybuch

Zakładając, że Wszechświat rozszerza to początkowo musiał być bardzo gęsty i gorący. Astronom Fred Hoyle nie lubił tego modelu kosmologicznego. W 1949 r. w programie BBC nazwał go **Wielkim Wybuchem** i ta nazwa z nami została!

Jeden z pierwszych argumentów na rzecz Wielkiego Wybuchu zaproponowali George Gamow i jego uczeń Ralf Alpher w 1948 r. Wykazali oni, że jedynie w ekstremalnych warunkach gęstości temperatury Wielkiego Wybuchu może wytworzyć się ilość helu, deuteru i litu odpowiadająca ich ilościom obserwowanym w obecnym Wszechświecie.

4

Wielki Wybuch

Françoise Combes
Observatorium Paryskie

TUIMP
Nr 12
THE UNIVERSE IN MY POCKET

Zgadywanka

Który obrazek pokazuje promieniowanie reliktowe?

Odpowiedź na odwrócie

Horyzont Wszechświata

Dzisiaj możemy prześledzić większość historii Wszechświata, zaczynając od Wielkiego Wybuchu (patrz str. 10). Liczne obserwacje potwierdzają ten model kosmologiczny, a astronomowie zbadali już wiele obserwowalnego Wszechświata. Nie mogą obserwować odległości przekraczającej określony dystans, ponieważ sygnały przybywające na Ziemię nie mogą podróżować szybciej od światła, którego prędkość to 299 792 km/s. Zatem obserwowanie odległych obiektów to jakby cofanie się w czasie. Fotony, które widzimy dzisiaj z pierwszych galaktyk, zostały wemitowane 12-13 miliardów lat temu. Widzimy więc te galaktyki w okresie ich młodości.

Podczas obserwacji fotonów promieniowania relikowego, patrzmy w przeszłość o 13,8 miliardów lat (popatrz na stronę 12).

Promieniowanie reliktowe

Następstwem ekspansji Wszechświata jest jego schładanie. Dziś jego temperatura to jedynie 3 stopnie powyżej zera absolutnego (3 K lub -270°C). Jest on skąpany w promieniowaniu będącym reliktem Wielkiego Wybuchu.

Promieniowanie to zostało to przypadkowo odkryte w 1965 r. przez radioastronomów Arno Penzias i Bob Wilson pracujących przy odbior-nikach fal milimetrovych. Zainterygowani słabym sygnałem ze wszech stron świata skonsultowali się z astrofizykiem Robertem Dicke i jego kolegami, którzy zasugerowali, że jest to promieniowanie kosmiczne Wielkiego Wybuchu. Za to odkrycie Penzias i Wilson otrzymali w 1978 r. nagrodę Nobla.

8

Wielki Wybuch

Françoise Combes
Observatorium Paryskie

TUIMP
Nr 12
THE UNIVERSE IN MY POCKET

Zgadywanka

Który obrazek pokazuje promieniowanie reliktowe?

Odpowiedź na odwrócie

Horyzont Wszechświata

Dzisiaj możemy prześledzić większość historii Wszechświata, zaczynając od Wielkiego Wybuchu (patrz str. 10). Liczne obserwacje potwierdzają ten model kosmologiczny, a astronomowie zbadali już wiele obserwowalnego Wszechświata. Nie mogą obserwować odległości przekraczającej określony dystans, ponieważ sygnały przybywające na Ziemię nie mogą podróżować szybciej od światła, którego prędkość to 299 792 km/s. Zatem obserwowanie odległych obiektów to jakby cofanie się w czasie. Fotony, które widzimy dzisiaj z pierwszych galaktyk, zostały wemitowane 12-13 miliardów lat temu. Widzimy więc te galaktyki w okresie ich młodości.

Podczas obserwacji fotonów promieniowania relikowego, patrzmy w przeszłość o 13,8 miliardów lat (popatrz na stronę 12).

Promieniowanie reliktowe

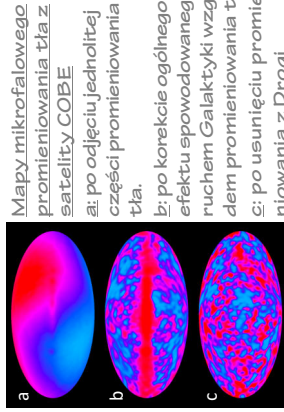
Następstwem ekspansji Wszechświata jest jego schładanie. Dziś jego temperatura to jedynie 3 stopnie powyżej zera absolutnego (3 K lub -270°C). Jest on skąpany w promieniowaniu będącym reliktem Wielkiego Wybuchu.

Promieniowanie to zostało to przypadkowo odkryte w 1965 r. przez radioastronomów Arno Penzias i Bob Wilson pracujących przy odbior-nikach fal milimetrovych. Zainterygowani słabym sygnałem ze wszech stron świata skonsultowali się z astrofizykiem Robertem Dicke i jego kolegami, którzy zasugerowali, że jest to promieniowanie kosmiczne Wielkiego Wybuchu. Za to odkrycie Penzias i Wilson otrzymali w 1978 r. nagrodę Nobla.

8

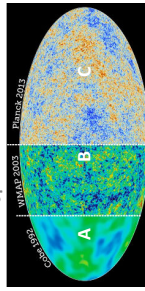
Rozszerzanie Wszechświata

Jak powstały galaktyki? Sto lat temu niewiele było wiadomo odnośnie tego czy istnieją galaktyki poza naszą własną, czyli Drogą Mleczną. W 1908 r., Henrietta Leavitt wykazała, że w przyrodzie gwiazd o zmiennej jasności - Cefeid - odstęp czasu między dwoma kolejnymi maksimumami jest związany z ich jasnością. W 1925 r., kiedy Edwin Hubble zidentyfikował Cefeidy w **mgławicach spiralnych**, był w stanie oszacować odległości do nich i udowodnić, że znajdują się poza Drogą Mleczną. Od tego czasu mgławice spiralne nazywane są **galaktykami**. W 1927 r. Georges Lemaitre zrozumiał, że "ucieczka" galaktyk jest efektem ekspansji Wszechświata. W 1929 r. ustalił związek między odległością, a prędkością galaktyk. Ten kluczowy związek, początkowo zwany prawem Hubble'a, został przemianowany na prawo Hubble-Lemaître w 2018 r.



Mapy mikrofalowego promieniowania tła z satelity COBE a: po odjęciu jednolitej części promieniowania tła. b: po korekcie ogólnego efektu spowodowanego ruchem Galaktyki względem promieniowania tła. c: po usunięciu promieniowania z Drogi Mlecznej i pobliskich galaktyk, w końcu porównując te mapy dostrzegamy niewielkie fluktuacje promieniowania tła (1/100000 amplitudy), czyli stan Wszechświata podczas rekombinacji.

Rozproszone tło zaobserwowane przez COBE w 1992 r. (A), przez WMAP w 2003 r. (B) i przez satelitę Planck wystrzeloną przez NASA i ESA w 2013 r. (C).



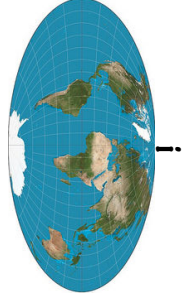
Każda kolejna misja ujawnia jeszcze więcej szczegółów.



Przekład na język polski: Natalia Żywucka-Hejzner TUMIP Creative Commons

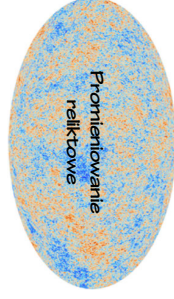


Aby dowiedzieć się więcej o tej serii o temacie zaprezentowanym w tej książeczce odwiedź: <http://www.tumip.org>



Mapa kontynentów i oceanów na Ziemi.

Odpowiedz



Okladka: Krótka historia Wszechświata (zobacz również stronę 10).
Źródło: NASA/WMAP

Ta książeczka została napisana w 2020 przez Françoise Combes z Obserwatorium paryskiego (Fransja).

Wszechświat w mojej kieszeni Nr 12

Ciemna energia

Ekspansja miała zostać spowolniona przez przyciąganie grawitacyjne całej materii we Wszechświecie.

Jeżeli ekspansja przyspiesza, jak obecnie myślimy, oznacza to, że istnieje element, który wywiera siłę odpychającą. Tę rolę odgrywa stała kosmologiczna, którą nazywamy **ciemną energią**. Sprawiłoby to, że wszystkie obserwacje, takie jak krzywizna i wiek Wszechświata (który może być mniejszy niż wiek najstarszych gwiazd), byłyby ze sobą zgodne. Pozostaje odkryć naturę tej ciemnej energii.

Historia Wszechświata, jaką rozumiemy dzisiaj, jest opisana na str. 10, a jej los jest schematycznie przedstawiony na str. 8.

Ciemna energia

Promieniowanie reliktywne zostało wyemitowane kiedy Wszechświat był bardzo gęsty i gorący, czyli 380000 lat po Wielkim Wybuchu. Następnie, przepłynęły przez niego fale, które oddziaływały swoje piętno na promieniowaniu reliktywne. Są to **pierwotne fluktuacje** - nasiona galaktyk (patrz strona 6).

Kiedy temperatura Wszechświata spadła poniżej 3000K, protony połączyły się z elektronami tworząc w ten sposób atomy wodoru. Badania statystyczne fluktuacji pokazują, że Wszechświat zawiera 5% bariionów (materie, jaką znamy), 25% **ciemnej materii** i 70% **ciemnej energii**. Wskazują również, że Wszechświat jest geometrycznie płaski i od Wielkiego Wybuchu minęło 13.8 miliarda lat. Dzisiaj promieniowanie reliktywne ma temperaturę 3 K co jest wynikiem ekspansji Wszechświata.

* Zobacz TUMIP 10. 2

Wszechświat przybliża powierzchnię rozszerzającego się balonu, na którym narysowane są galaktyki. Każdy obserwator znajdujący się w swojej galaktyce ma wrażenie, że wszystkie inne galaktyki oddalają się z prędkością proporcjonalną do ich odległości. W 1915 r. Vesto Slipher zbadał widma mgławic spiralnych i odkrył, że większość z nich ma linie przesunięte ku czerwonej części widma, wskazując na ich oddalanie się od Ziemi". Był to pierwszy dowód - nierozpoznany jeszcze w tym czasie - na ekspansję Wszechświata (popatrz na przeciwną stronę).

