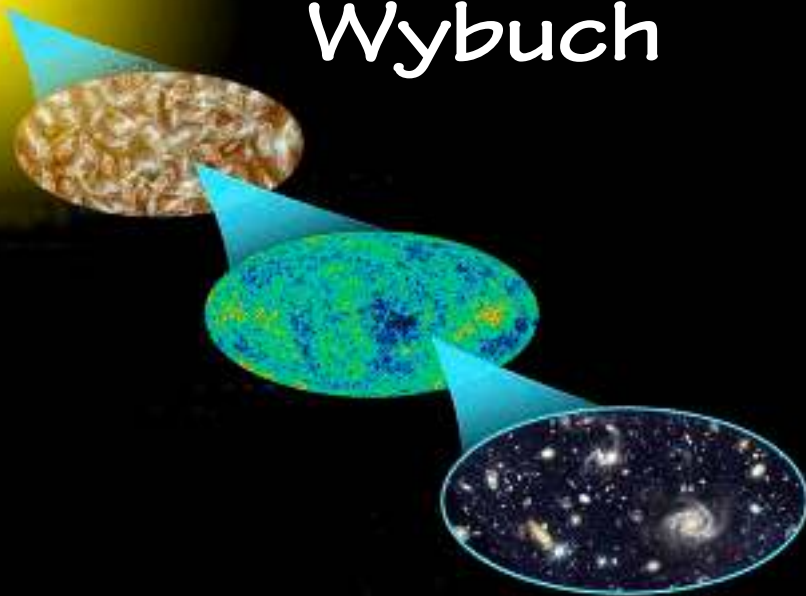


Wszechświat w mojej kieszeni

Wielki Wybuch



Françoise Combes
Observatorium Paryskie



Wszechświat przypomina 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).

* Zobacz TUIMP 10. 2

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 przypadku gwiazd o zmiennej jasności – Cefeid – odstęp czasu między dwoma kolejnymi maksimami 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 Lemaître 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.

Wielki Wybuch



Fred Hoyle

Zakładając, że Wszechświat się rozszerza to początkowo musiał być bardzo gęsty i gorący. Astronom Fred Hoyle nie lubił tego modelu kosmo-

logicznego. 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 i temperatury Wielkiego Wybuchu może wytworzyć się ilość helu, deuteru i litu odpowiadająca ich ilościom obserwowanym w obecnym Wszechświecie.



G. Gamow

Promieniowanie reliktowe

Następstwem ekspansji Wszechświata jest jego schładzanie. 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 przypadkowo odkryte w 1965 r. przez radioastronomów Arno Penzias i Bob Wilson pracujących przy odbornikach fal milimetrowych.



Penzias i
Wilson

Zaintrygowani słabym sygnałem ze wszystkich 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.

Mapy mikrofalowego promieniowania tła z satelity COBE

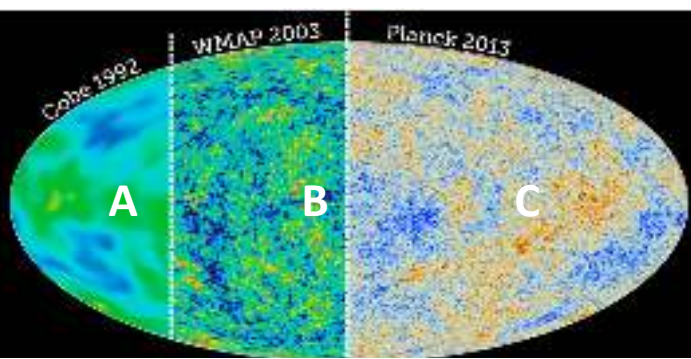
a: po odjęciu jednolitej części promieniowania tła.

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 ($1/1000000$ 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 wysłaną przez NASA i ESA w 2013 r. (C).

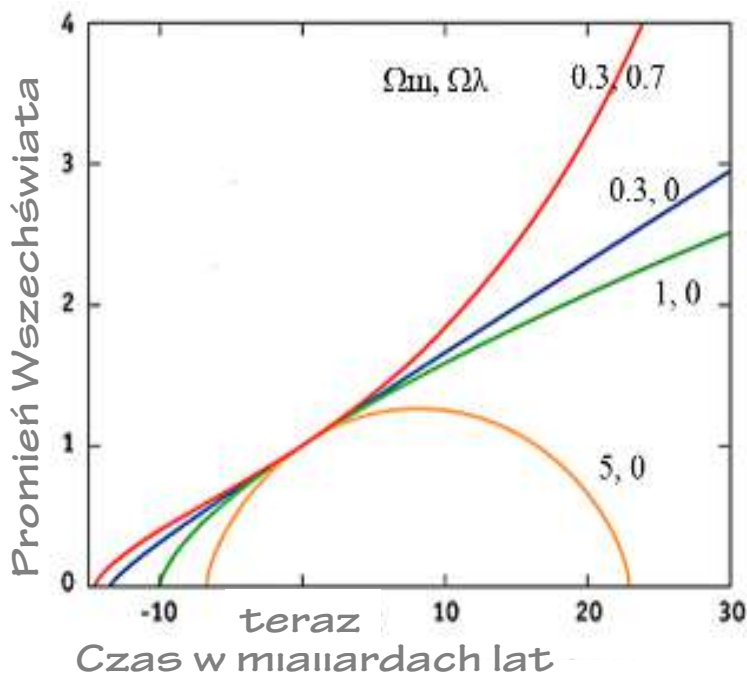


Każda kolejna misja ujawnia jeszcze więcej szczegółów.

Pierwotne fluktuacje

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

Kiedy temperatura Wszechświata spadła poniżej 3000 K, protony połączyły się z elektronami tworząc w ten sposób atomy wodoru. Badania statystyczne fluktuacji pokazują, że Wszechświat zawiera 5% barionów (materia, 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 reliktowe ma temperaturę 3 K co jest wynikiem ekspansji Wszechświata.



Ewolucja promienia Wszechświata, zgodnie z kilkoma modelami kosmologicznymi dla różnych wartości parametrów Ω_M , gęstości ciemnej materii, i Ω_Λ , gęstości ciemnej energii Wszechświata. Ewolucja Wszechświata jest powiązana z wartością $\Omega = \Omega_M + \Omega_\Lambda$.

Jeśli $\Omega = 5$, Wszechświat ponownie się skondensuje w Wielkim Kolapsie (żółta 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 czerwonej krzywej. Krzywizna wynosi zero, zaś ekspansja przyspiesza.

Stała 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 wierzono), dodał termin zwany stałą 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.

Wielki Wybuch

CMB

Pierwsze gwiazdy

380000 lat

Dziś

200 milionów lat

13.8 miliarda lat

Uproszczona historia Wszechświata:

- W pierwszych minutach: Wielki Wybuch oraz powstawanie cząstek i promieniowania.
- Po 380000 latach, rekombinacja protonów i elektronów w atomy wodoru.
- Po 200 milionach lat, powstawanie pierwszych gwiazd w pierwszych galaktykach i postępująca rejonizacja Wszechświata.
- Wreszcie, do dzisiaj, transformacja galaktyk przez łączenie mniejszych galaktyk.

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.

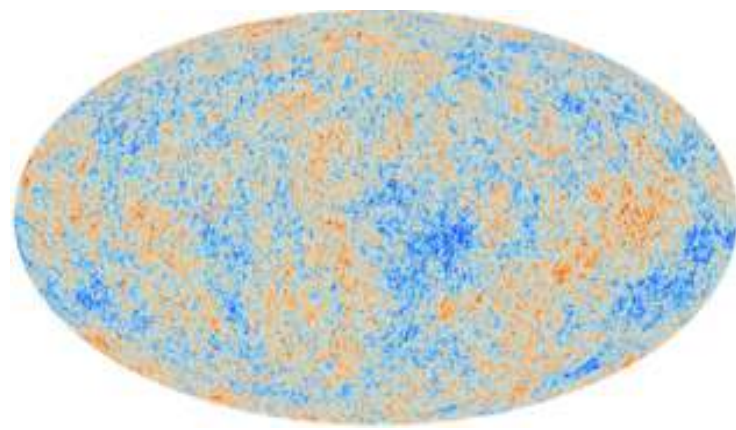


Znajdujesz się
tutaj, w
centrum
widzialnego
Wszechświata

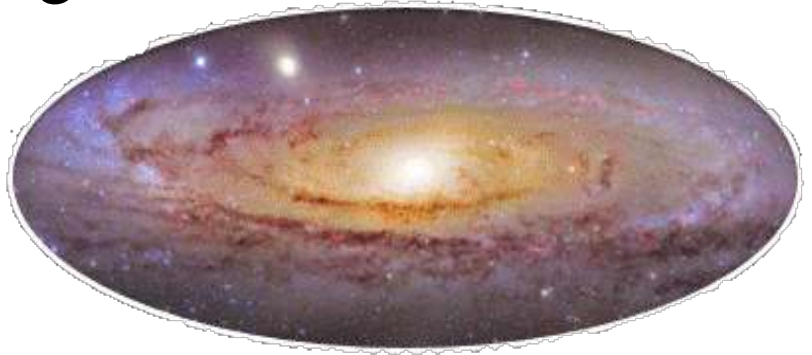
Horyzont obserwowalnego Wszechświata.
Wszyscy obserwatorzy znajdują się w centrum kuli reprezentującej ich obserwowalny Wszechświat. Nie mogą obserwować poza tym horyzontem. Galaktyki, które mogą istnieć poza tym horyzontem, nie miały czasu na komunikację z obserwatorami, ponieważ ich fotony, podróżujące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

Horyzont Wszechświata

Dziś 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 299792 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 relikтового, patrzymy w przeszłość o 13.8 miliardów lat (popatrz na stronę 12).



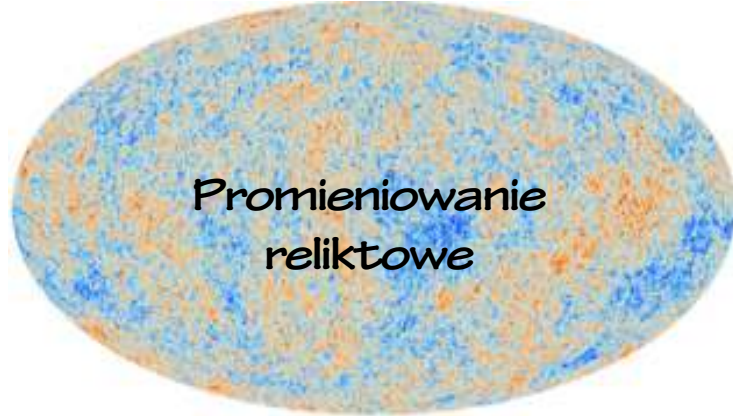
Zgadywanka



Który obrazek pokazuje promieniowanie reliktowe?



Odpowiedź na odwrocie



Promieniowanie
reliktowe



Optyczny obraz galaktyki
Andromeda - M31

Odpowiedz
i

Mapa
kontynentów i
oceanów na
Ziemi.



Wszechświat w mojej kieszeni Nr 1 2

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

Nr 1

Okładka: Krótka historia Wszechświata
(zobacz również stronę 10).

Źródło: NASA/WMAP



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

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

