

Wpływ wyników misji Planck na obraz Wszechświata

Sławomir Stachniewicz, IF PK

1. Skąd wiemy, jaki jest Wszechświat?

Nasze informacje na temat Wszechświata pochodzą z dwóch źródeł: z **obserwacji** i z **modeli teoretycznych**.

Dane obserwacyjne pochodzą z obserwacji naziemnych, eksperymentów balonowych i z obserwatoriów orbitalnych. Badane są fale elektromagnetyczne w zakresie od fal radiowych do najtwardszych promieni gamma oraz cząstki i jony promieniowania kosmicznego.

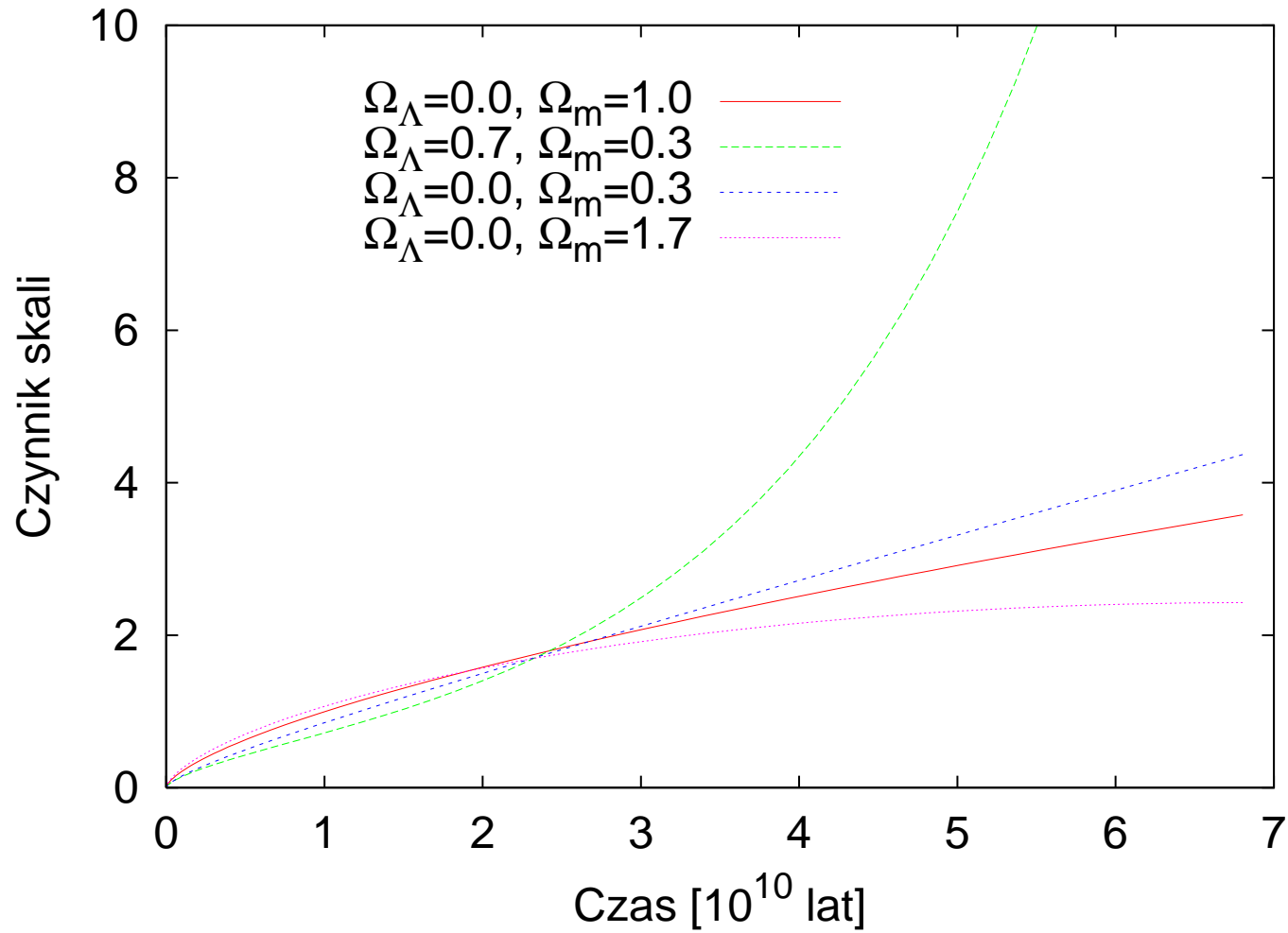


Modele teoretyczne zawierają w sobie dane z praktycznie wszystkich działów fizyki, ale podstawą do konstruowania modeli jest **Ogólna Teoria Względności** Einsteina. Do niej dodaje się pewne dodatkowe postulaty określające typy możliwych rozwiązań i pewne założenia na temat składników materii wypełniającej Wszechświat.

Obecnie najczęściej są brane pod uwagę trzy składniki materii:

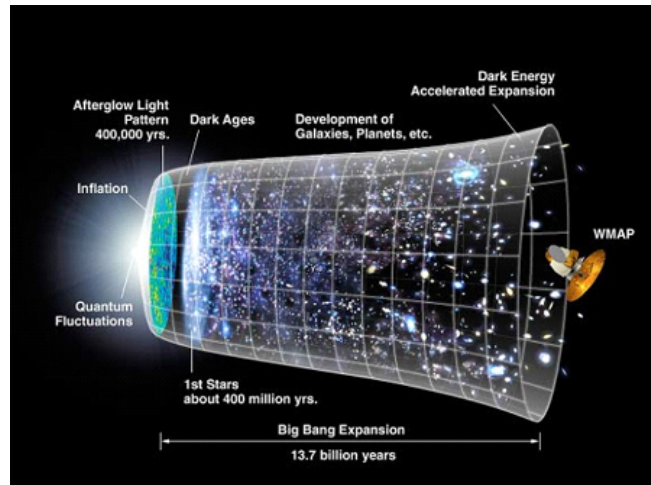
- ⇒ materia („pył”)
- ⇒ promieniowanie
- ⇒ ciemna energia

W zależności od dominującego składnika otrzymujemy różny typ zależności gęstości od czynnika skali i różne typy ewolucji Wszechświata.



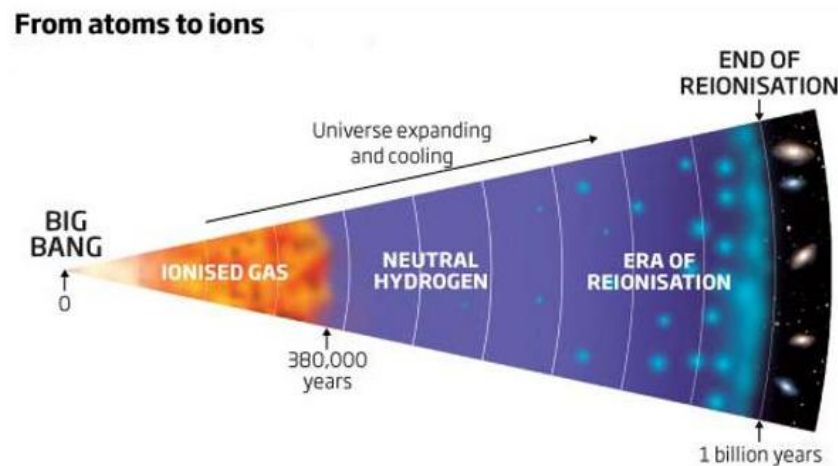
Ewolucja Wszechświata w modelach płaskim, płaskim ze stałą kosmologiczną, otwartym i zamkniętym.

2. Standardowy Model Kosmologiczny



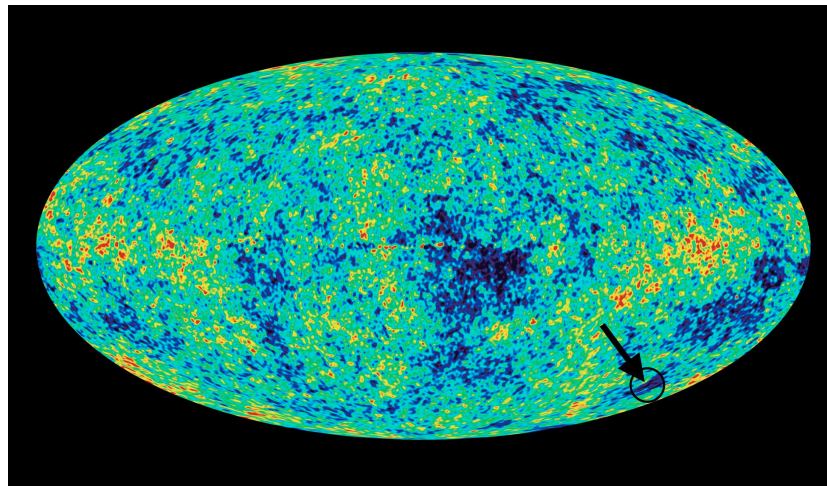
- ⇒ przed 10^{-43}s – tzw. era Plancka
- ⇒ ok. 10^{-35}s – złamanie Wielkiej Unifikacji, ukształtowanie przewagi materii nad antymaterią
- ⇒ ok. 10^{-32}s – inflacja i inne procesy towarzyszące?
- ⇒ 10^{-30}s - 10^{-10}s – tzw. pustynia energetyczna
- ⇒ ok. 10^{-10}s – podział oddziaływań elektroslabych na elektromagnetyczne i słabe, plazma kwarkowo-gluonowa

- ⇒ ok. 10^{-5} s – pierwsze hadrony (później stopniowo się rozpadały)
- ⇒ 3 minuty – pierwotna nukleosynteza, materia w stanie plazmy: lekkie jądra, elektrony i fotony
- ⇒ paręset tysięcy lat – rekombinacja (jądra wychwytyją swobodne elektrony), powstaje Mikrofalowe Promieniowanie Tła.
- ⇒ później – era materii, najpierw niemal jednorodnej, stopniowa formacja struktur.

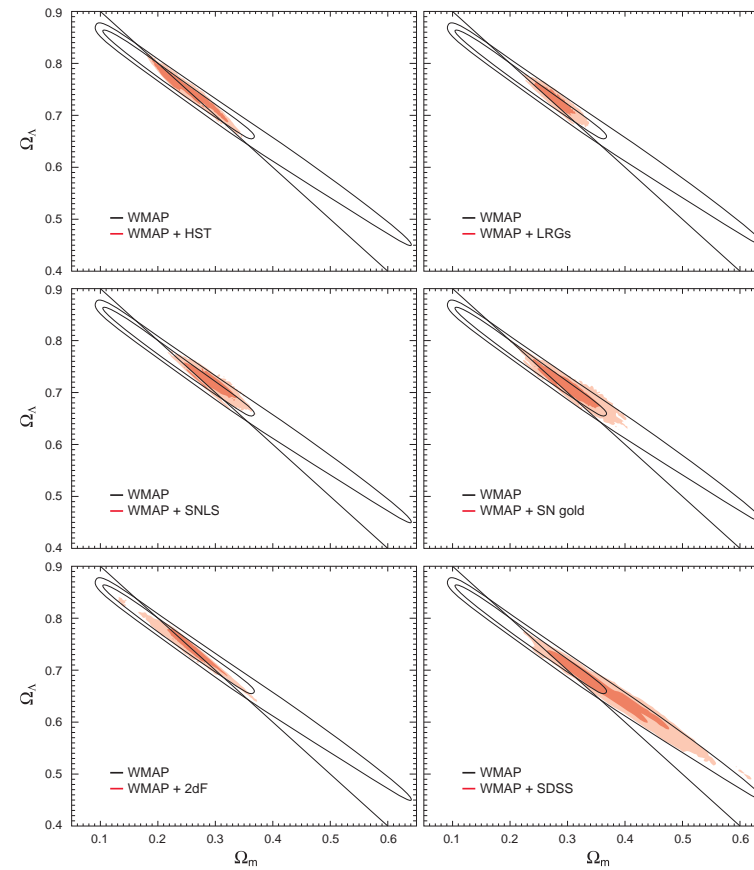
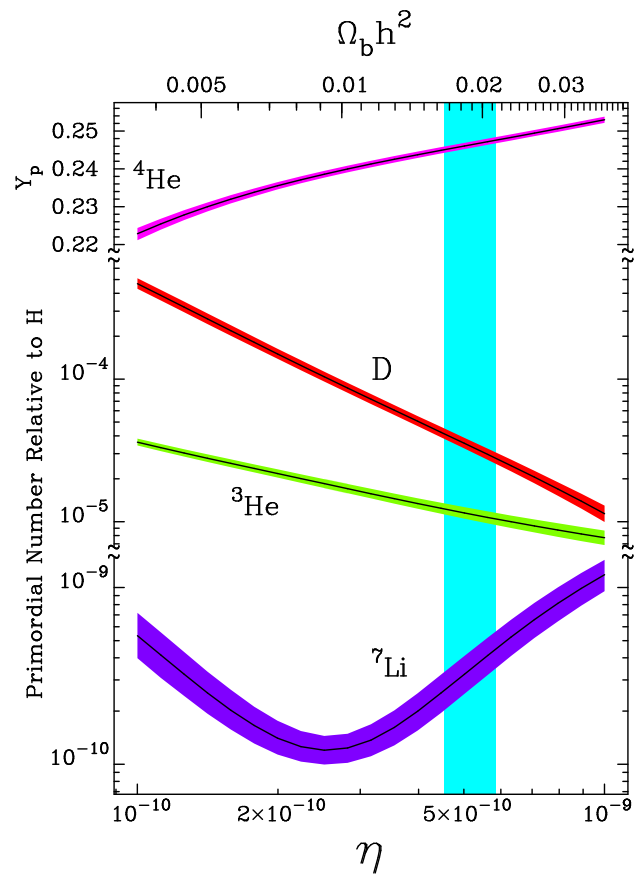


3. Obraz Wszechświata według WMAP

Satelita **Microwave Anisotropy Probe** (MAP, zwany później **WMAP** czyli Wilkinson MAP), wystrzelony na orbitę w 2001 r., w ciągu 9 lat swoich obserwacji dostarczył bardzo dokładnych danych dotyczących anizotropii mikrofalowego promieniowania tła. Dzięki temu można było znacznie dokładniej oszacować parametry Standardowego Modelu Kosmologicznego.



Mapa anizotropii według satelity WMAP



Ograniczenia z nukleosyntezy, WMAP, SN Ia i wielkoskalowej struktury Wszechświata

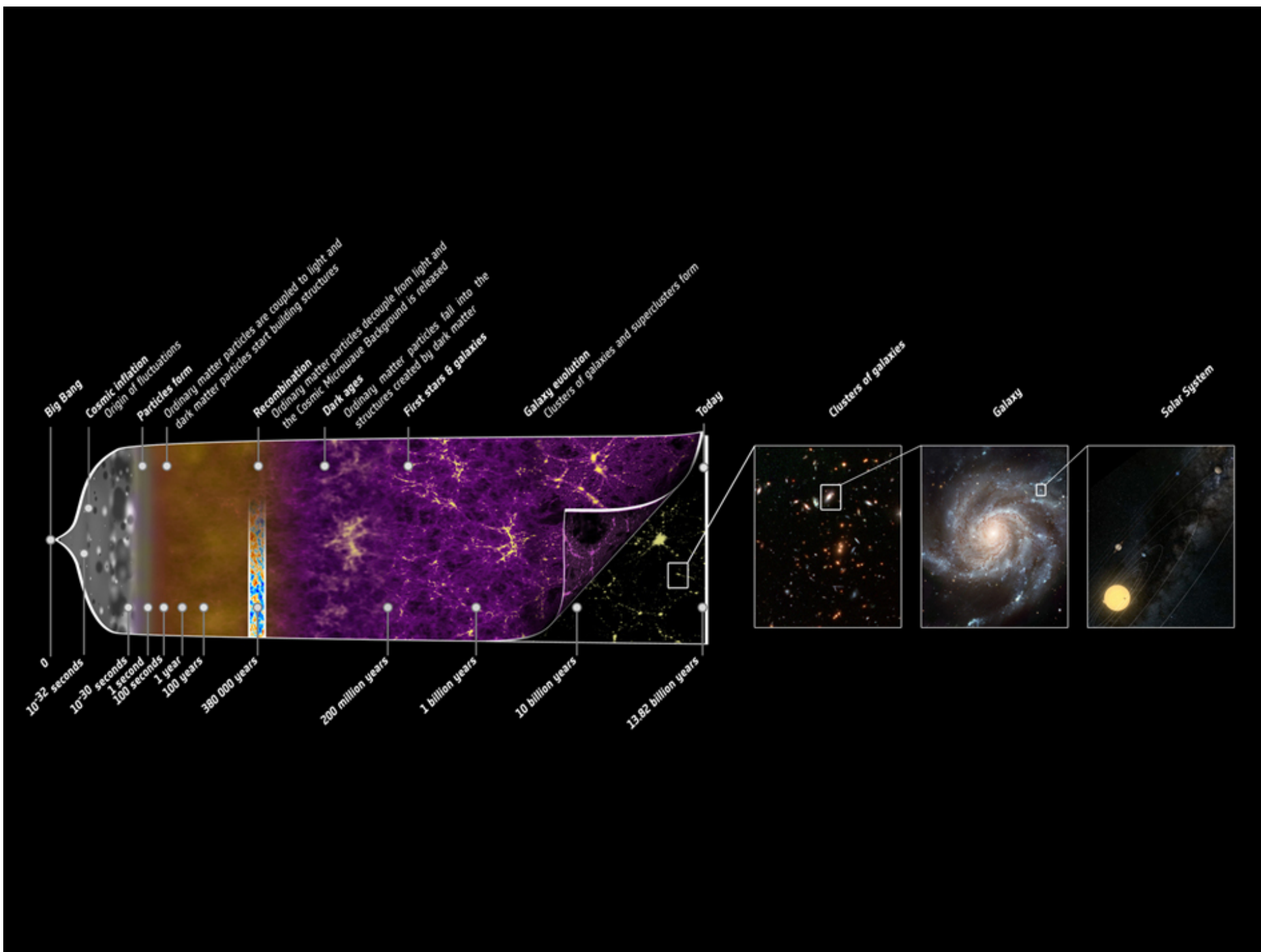
Według tych danych, wiek Wszechświata miał wynosić 13,77 mld lat i składać się w 4,6% ze zwykłej materii, w 24% z niebarionowej ciemnej materii i w 71,4% z tzw. ciemnej energii. Właściwości fluktuacji promieniowania tła (którego wiek został określony na 375 tys. lat po Wielkim Wybuchu) pasowały do przewidywań najprostszycy modeli inflacyjnych. Koniec Ciemnych Wieków Wszechświata miał nastąpić ok. 400 mln lat po Wielkim Wybuchu.

Pierwsze dane z WMAP zostały opublikowane w 2003 r., po czym uzupełniano je co dwa lata (ostateczne dane opublikowano pod koniec ubiegłego roku).

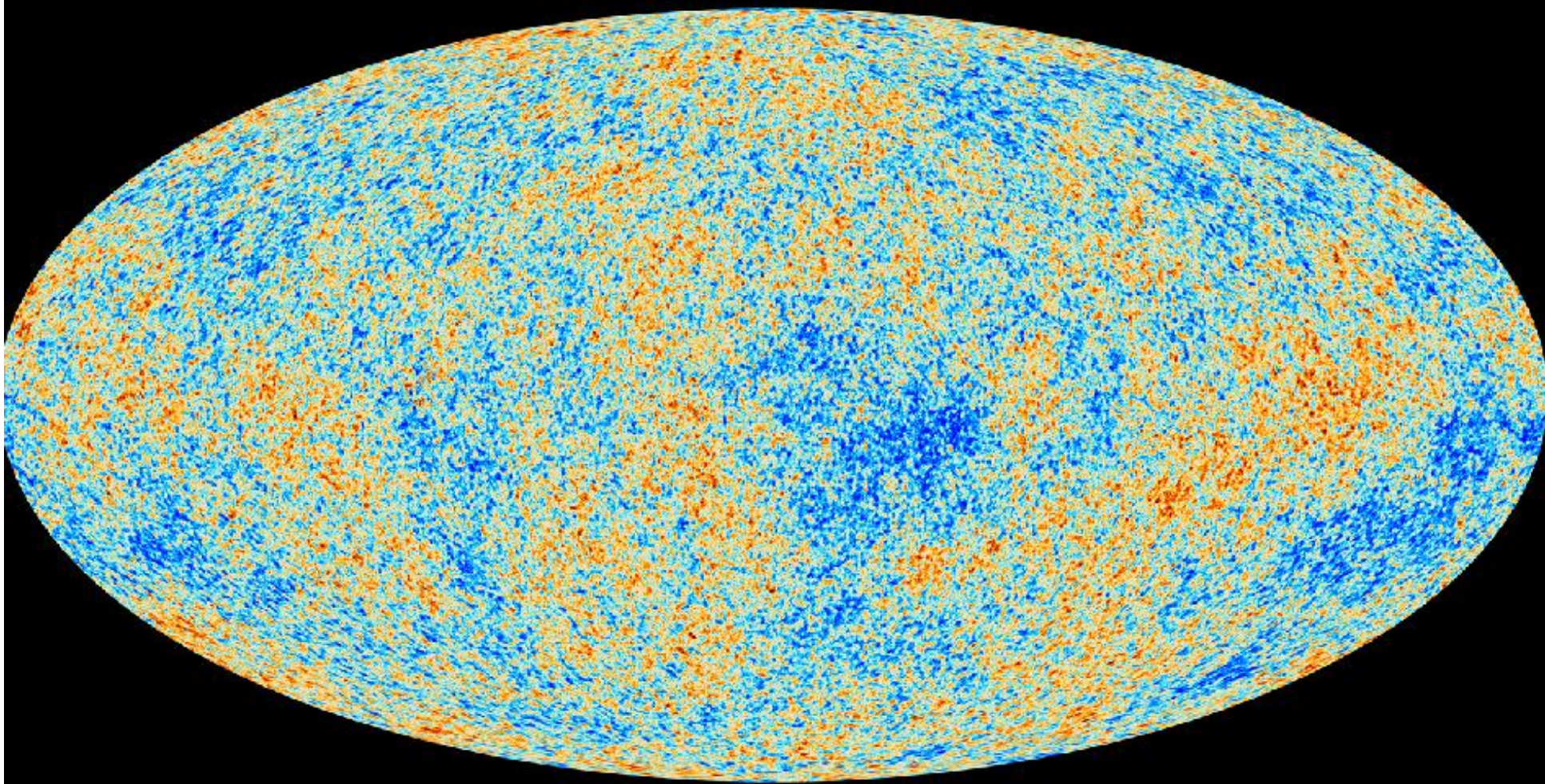
4. Pierwsze wyniki obserwacji satelity Planck

Misja satelity Planck (wystrzelonego w 2009 r.) jest przedsięwzięciem ESA, ale przy współudziale NASA. Ostatnio opublikowano opracowane wyniki pierwszych 15,5 miesięcy obserwacji całego nieba. Poprawiono wartość **parametru Hubble'a**: poprzednio przyjmowano, że jest on równy ok. **71 km/s·Mpc** a obecna wartość to **$67,15 \pm 1,2$** . Według poprawionych danych, **promieniowanie tła** zostało wyemitowane **370 tys. lat** po **Wielkim Wybuchu**, który miał mieć miejsce **13,8 mld lat temu**.

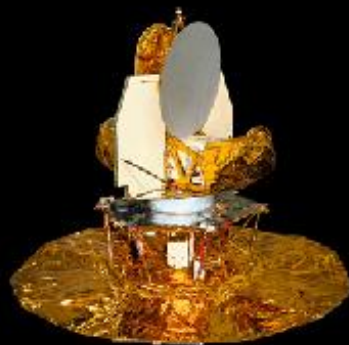
Rozkład materii wydaje się przypadkowy, czyli we wczesnym Wszechświecie miały miejsce przypadkowe procesy kwantowe, których odbiciem jest obecny rozkład masy – przewidują to prostsze wersje modeli inflacyjnych.



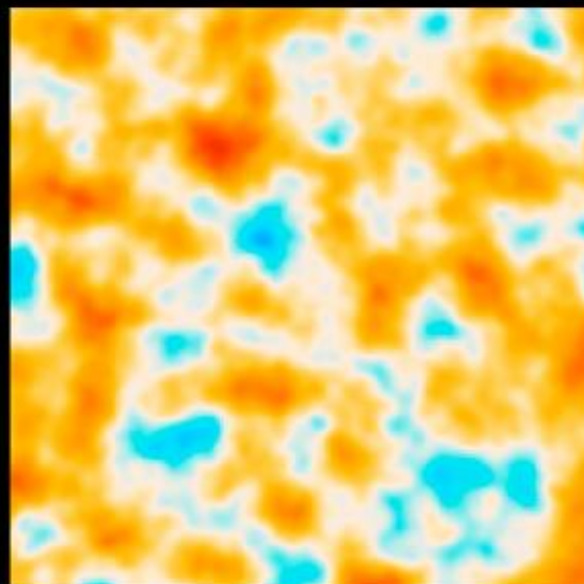
Historia Wszechświata



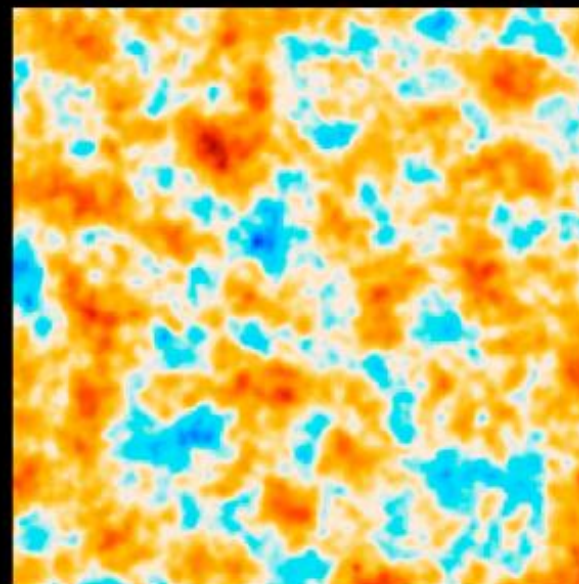
Mapa anizotropii promieniowania tła



COBE

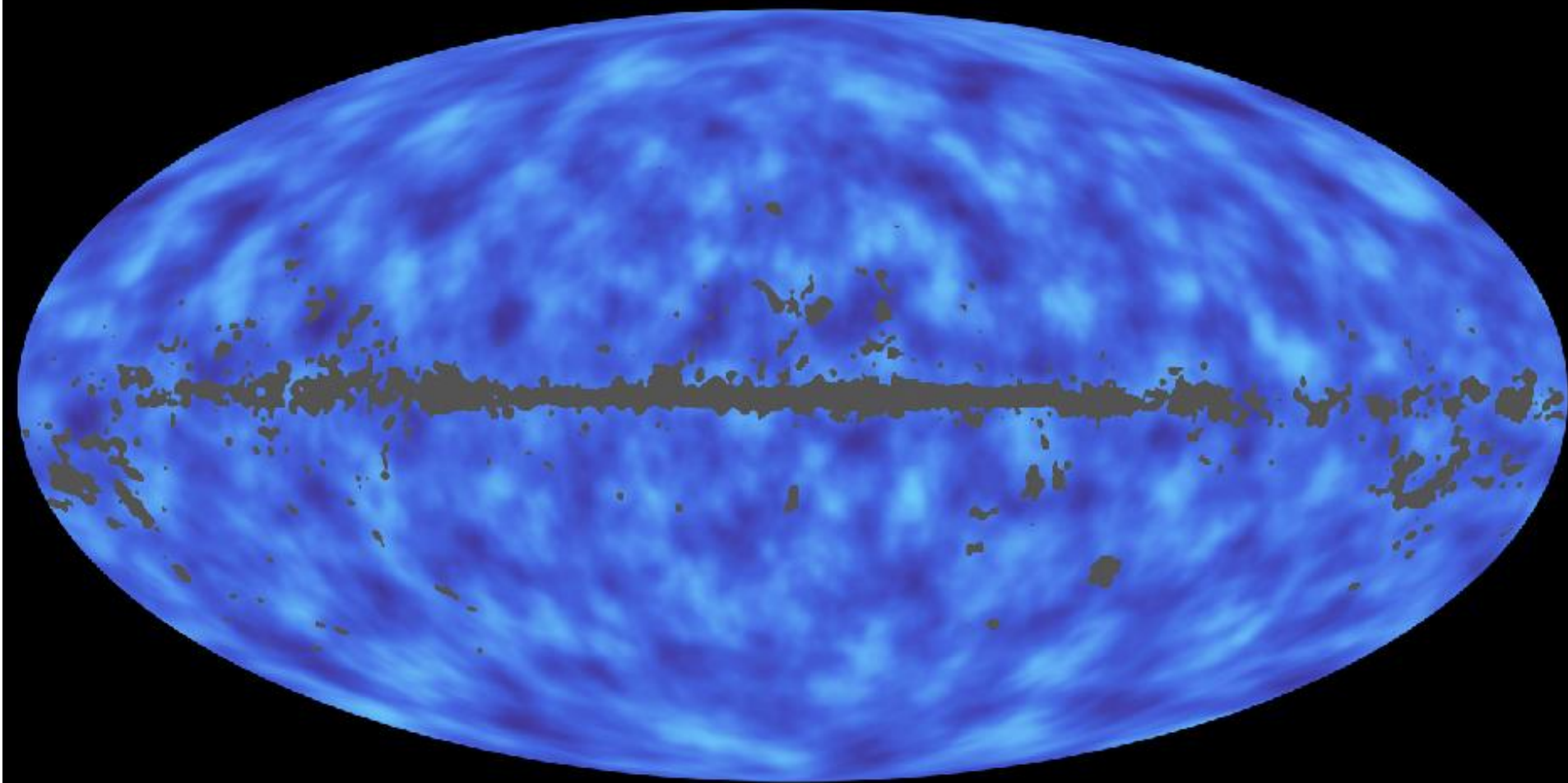


WMAP

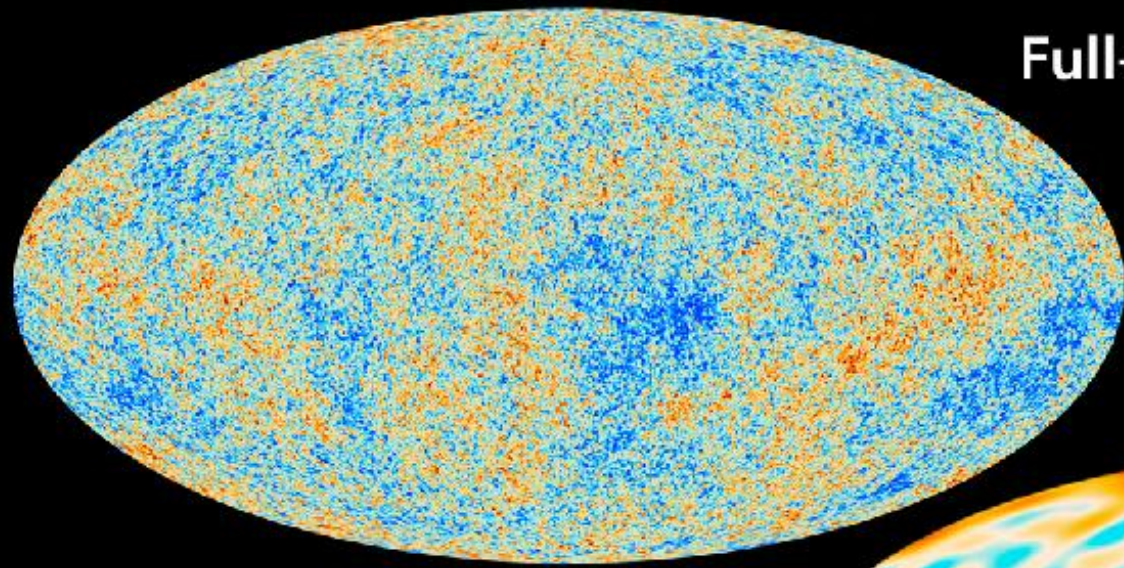


Planck

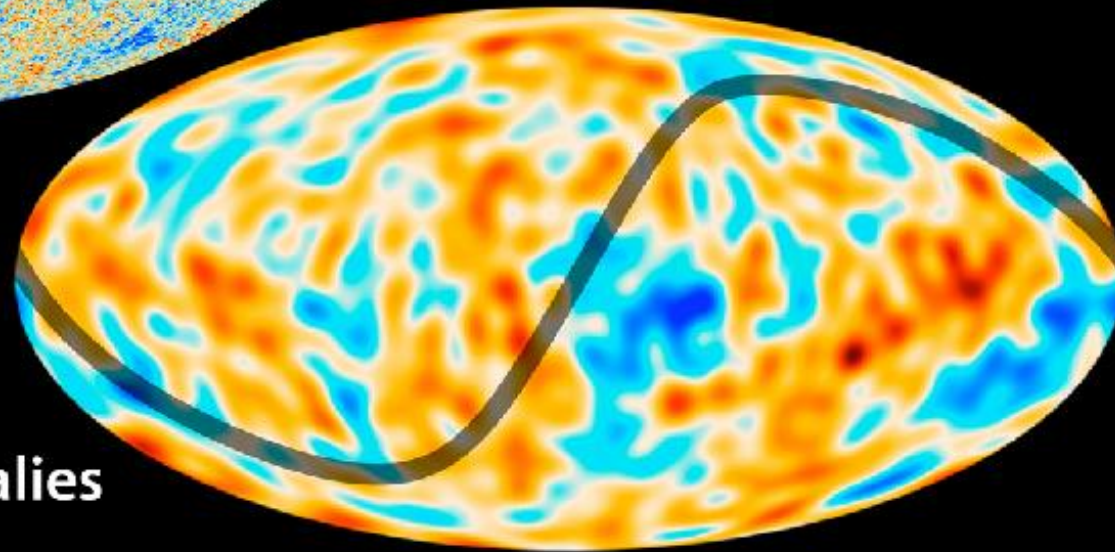
Wycinek 10° nieba według COBE, MAP i Plancka



Mapa materii we Wszechświecie

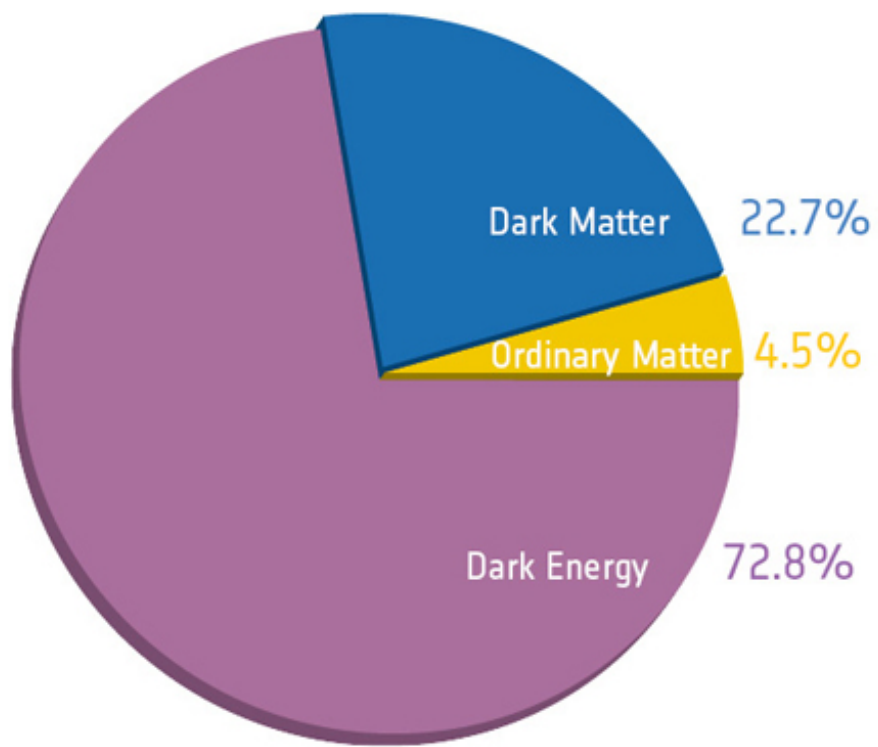


Full-Sky Map

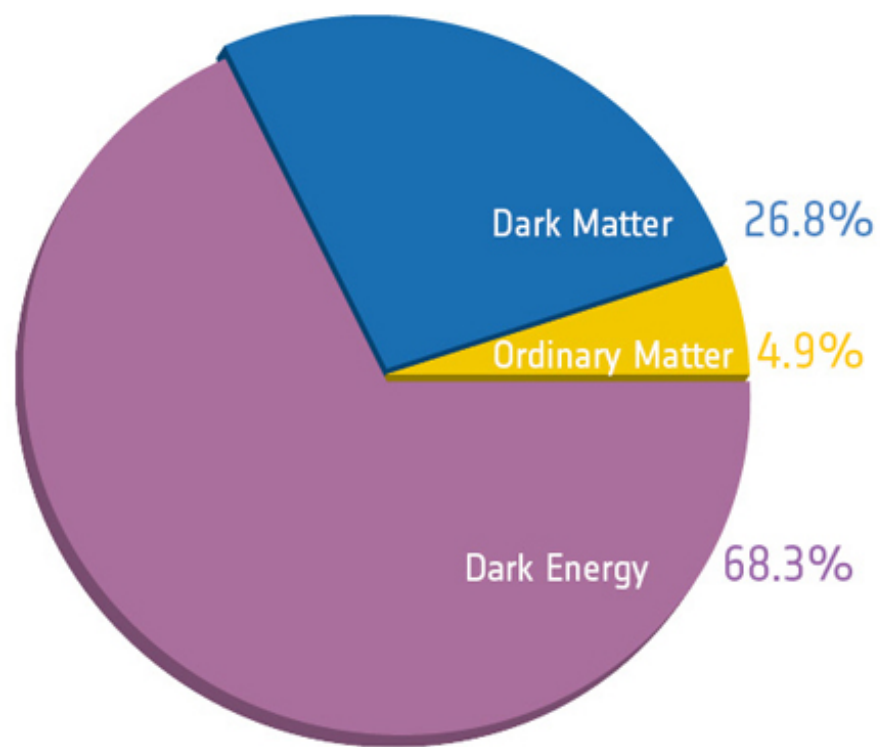


Anomalies

Asymetria fluktuacjy temperatury

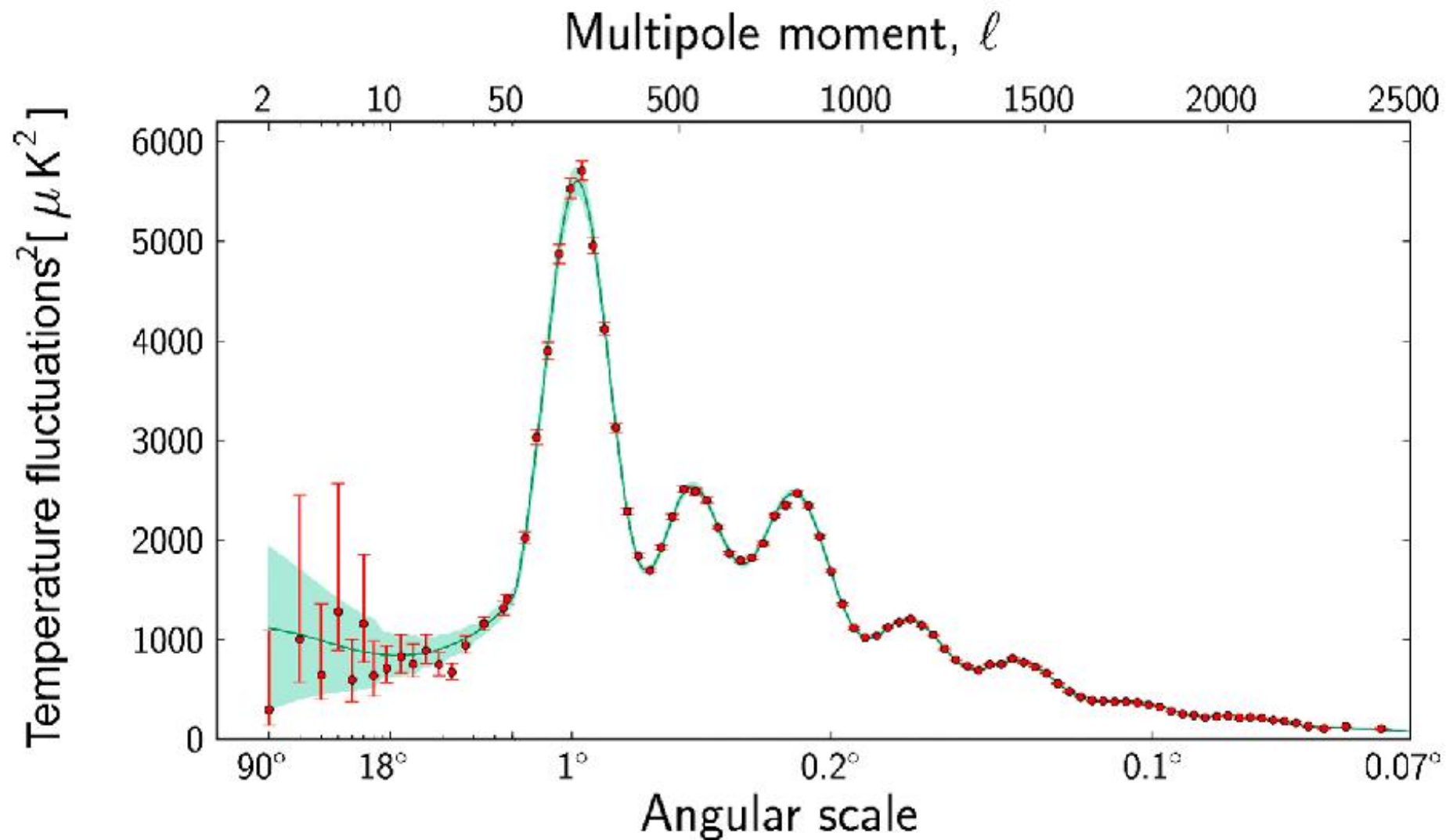


Before Planck



After Planck

Składniki Wszechświata według WMAP i Plancka



Anizotropie na różnych skalach kątowych

5. Podsumowanie

- ⇒ Dużo dokładniejsze dane obserwacyjne, raczej nie wywracają ogólnego obrazu Wszechświata.
- ⇒ Jeśli inflacja, to raczej prostsze modele.
- ⇒ Zaskakujące anomalie fluktuacji temperatury – konieczność poprawienia modelu Wszechświata.
- ⇒ Fluktuacje na skalach 90° - 6° nieco mniejsze, niż przewidywano – kolejny problem dla Modelu Standardowego.