

CIEMNA MASA

Wojtek Pych
Centrum Astronomiczne M. Kopernika
PAN, Warszawa

2 lutego 2009 r.

Definicja ciemnej materii

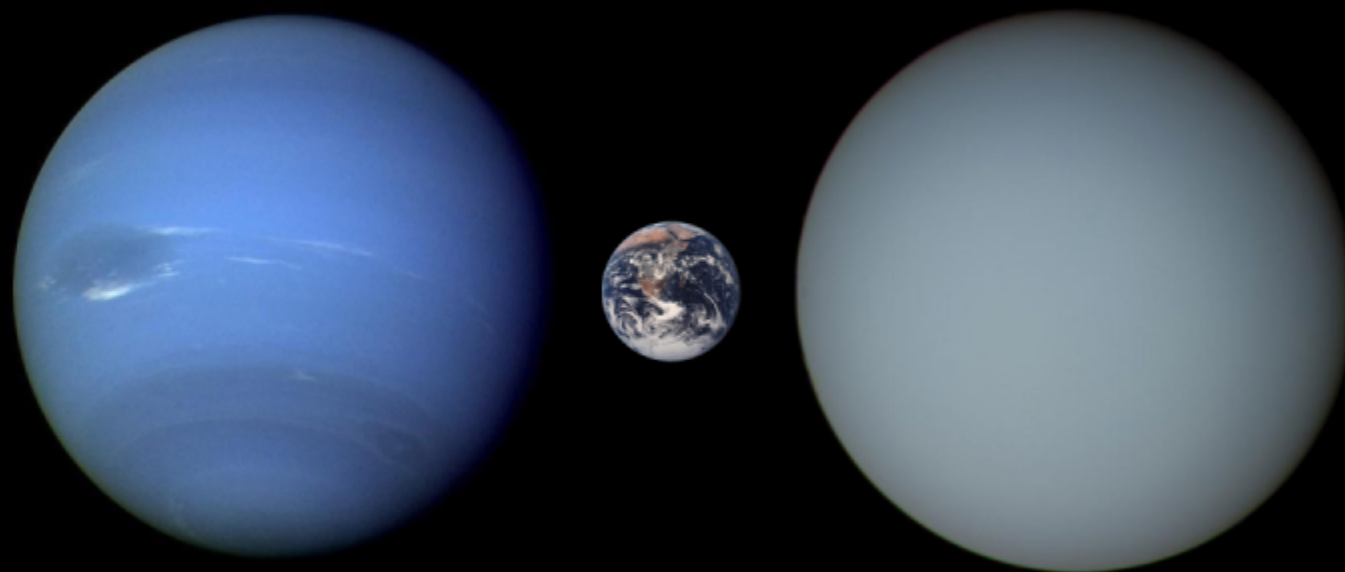
Ciemna materia – materia nie emitująca
i nie odbijająca światła.

Planety



- Pod koniec XVIII wieku Wiliam Hershel odkrył planetę Uran.
- Teoria Newtona wymagała istnienia jeszcze jednej planety dla wyjaśnienia ruchu Urana. W ten sposób odkryty został Neptun.
- Metoda dynamiczna.

Planety



Drobne ciała Układu Słonecznego



2009.02.02

Wojtek Pych, CAMK

Gaz i pył międzygwiazdowy



Gaz i pył



2009.02.02

Wojtek Pych, CAMK

Planety pozasłoneczne

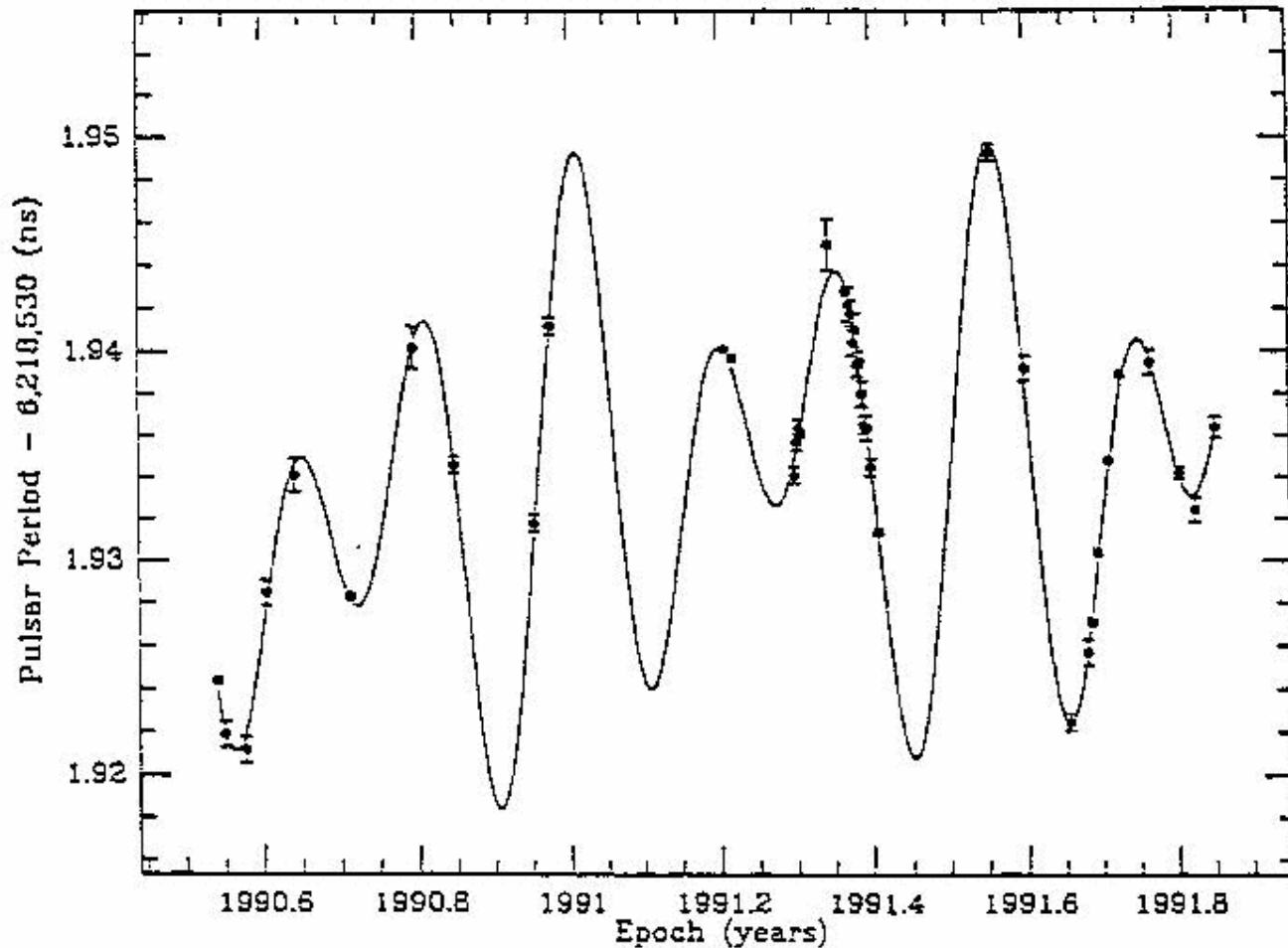
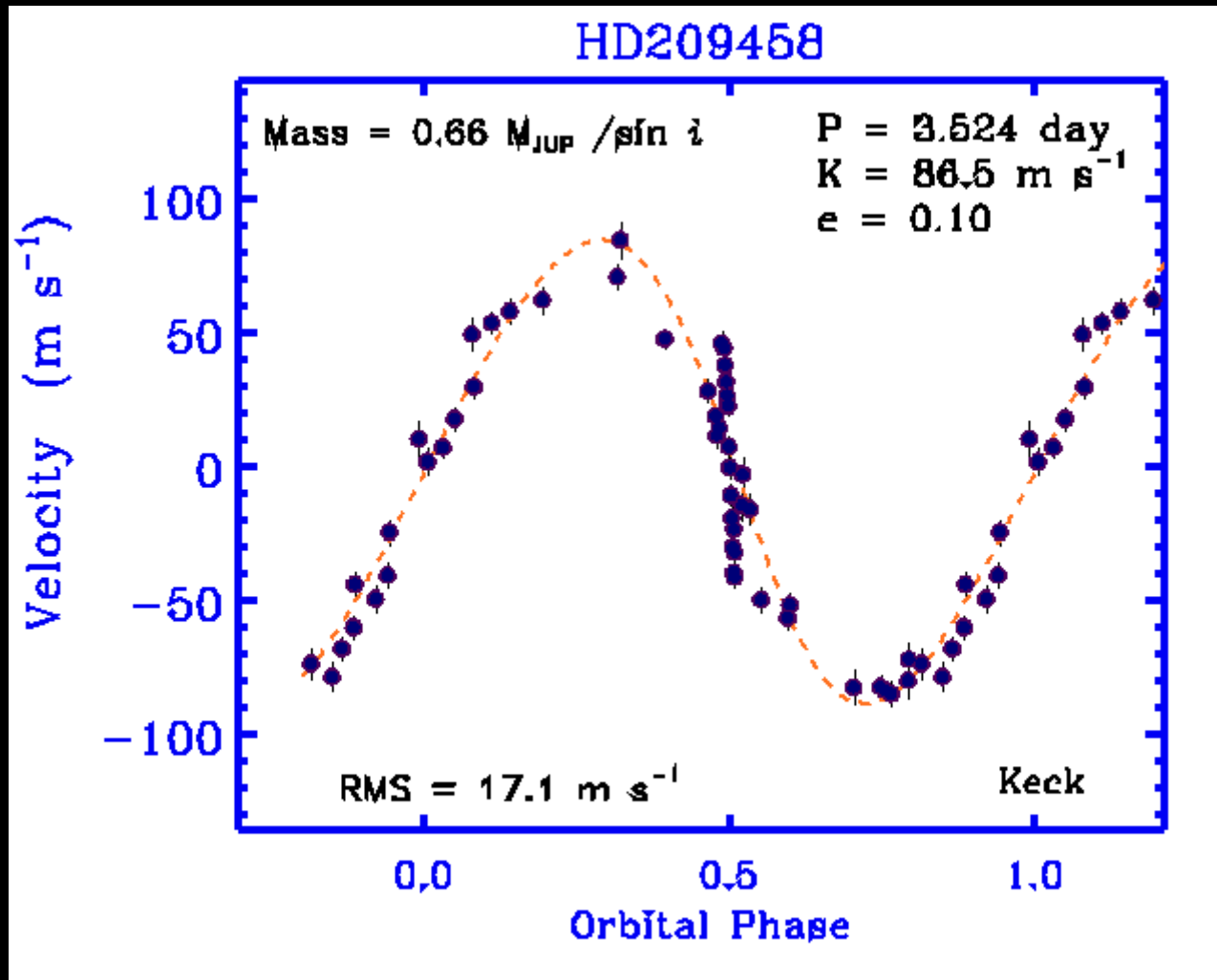
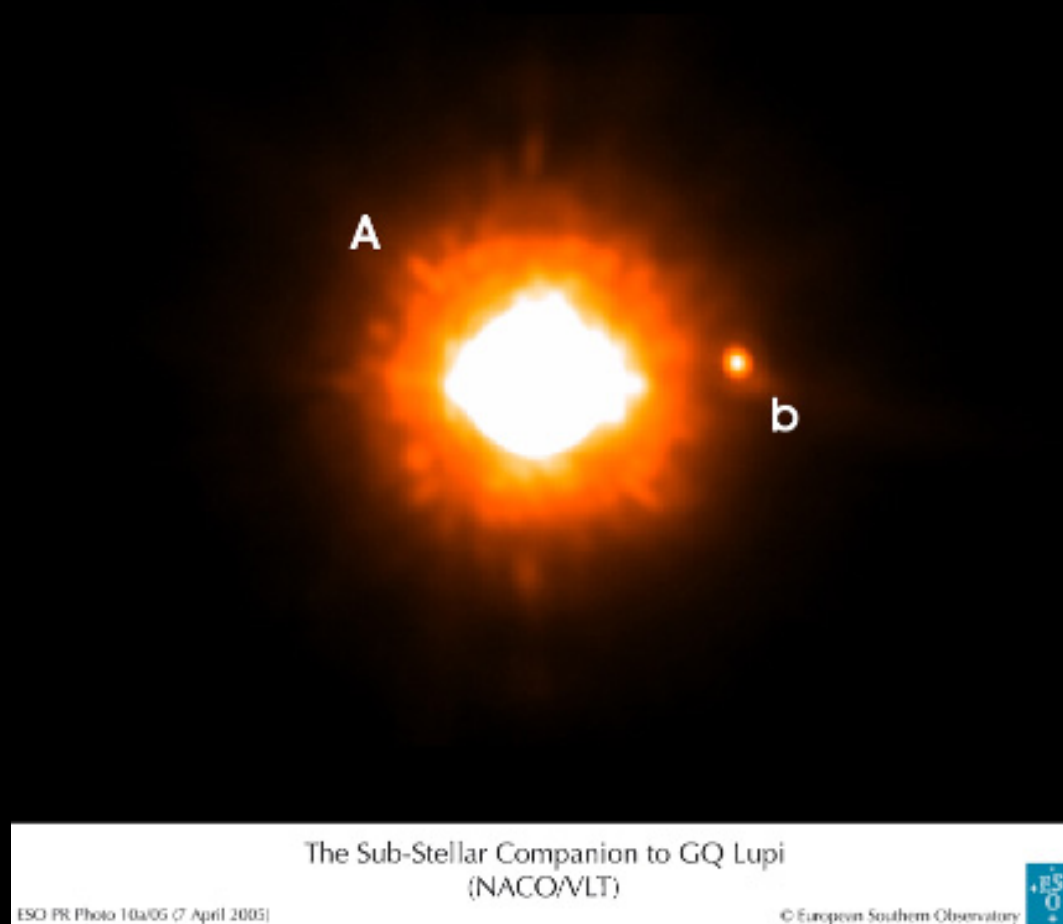


Figure 2. A comparison of period variations of PSR1257+12 (filled circles) with a two-planet model prediction (solid line).

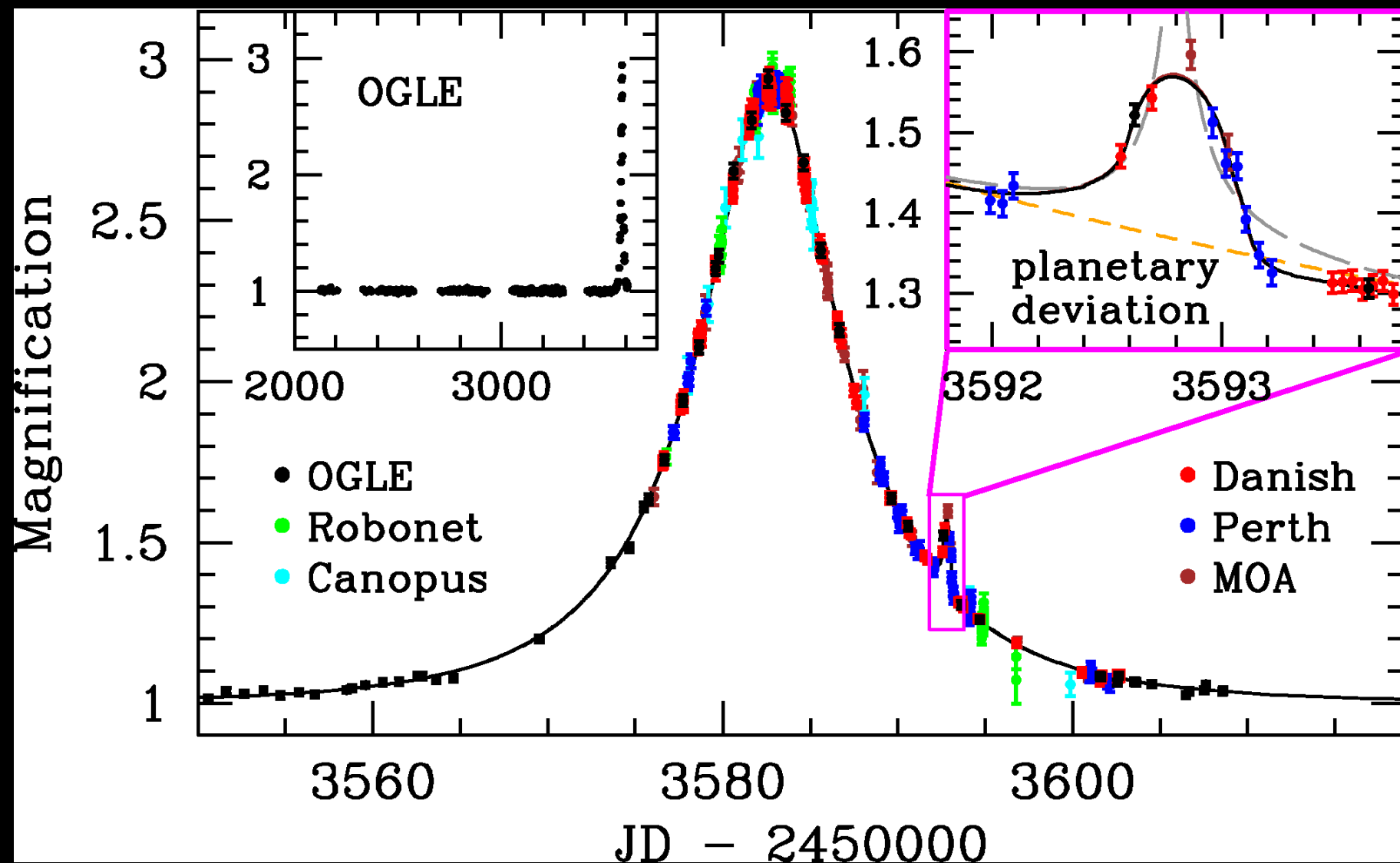
Planety pozasłoneczne



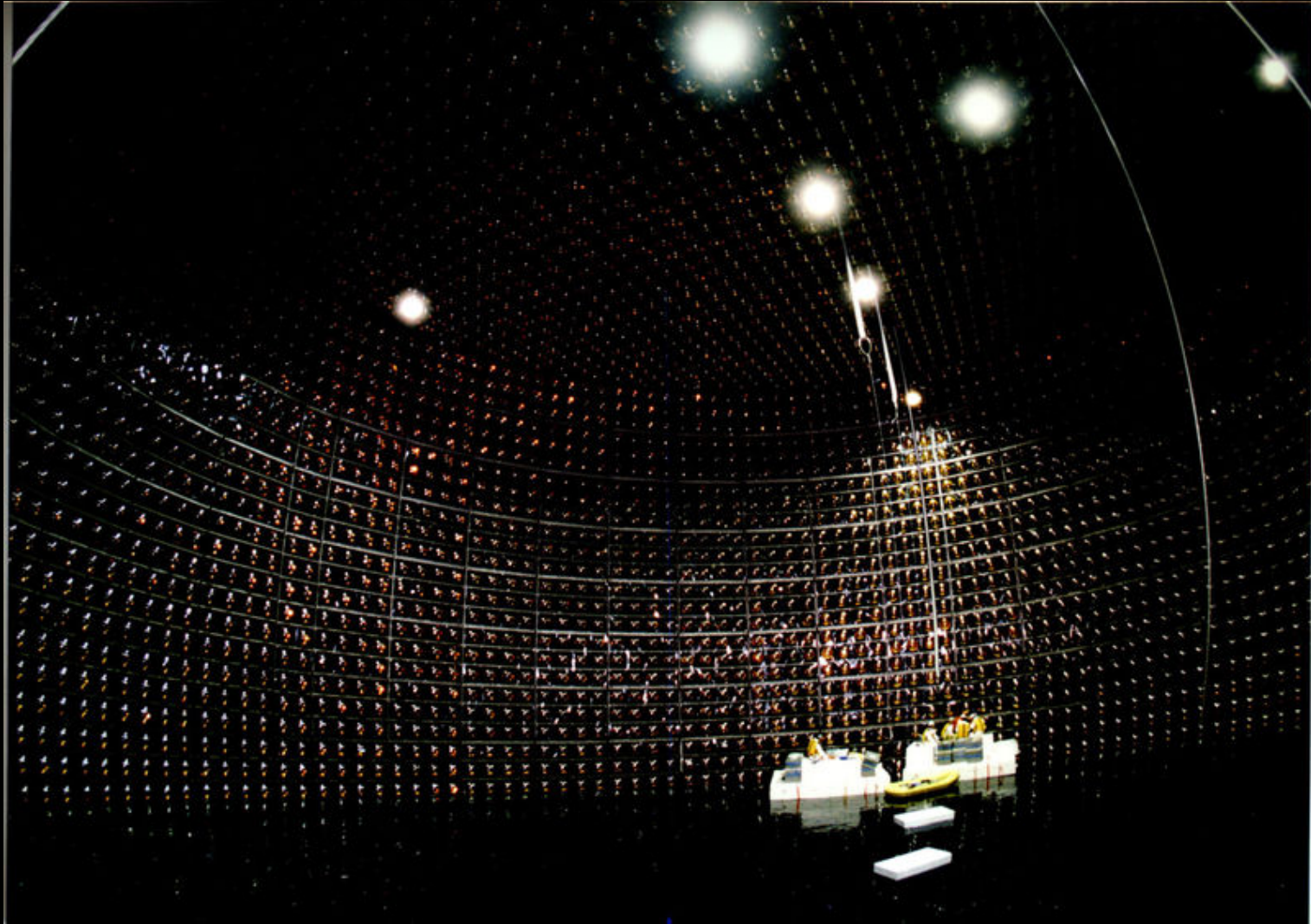
Planety pozasłoneczne



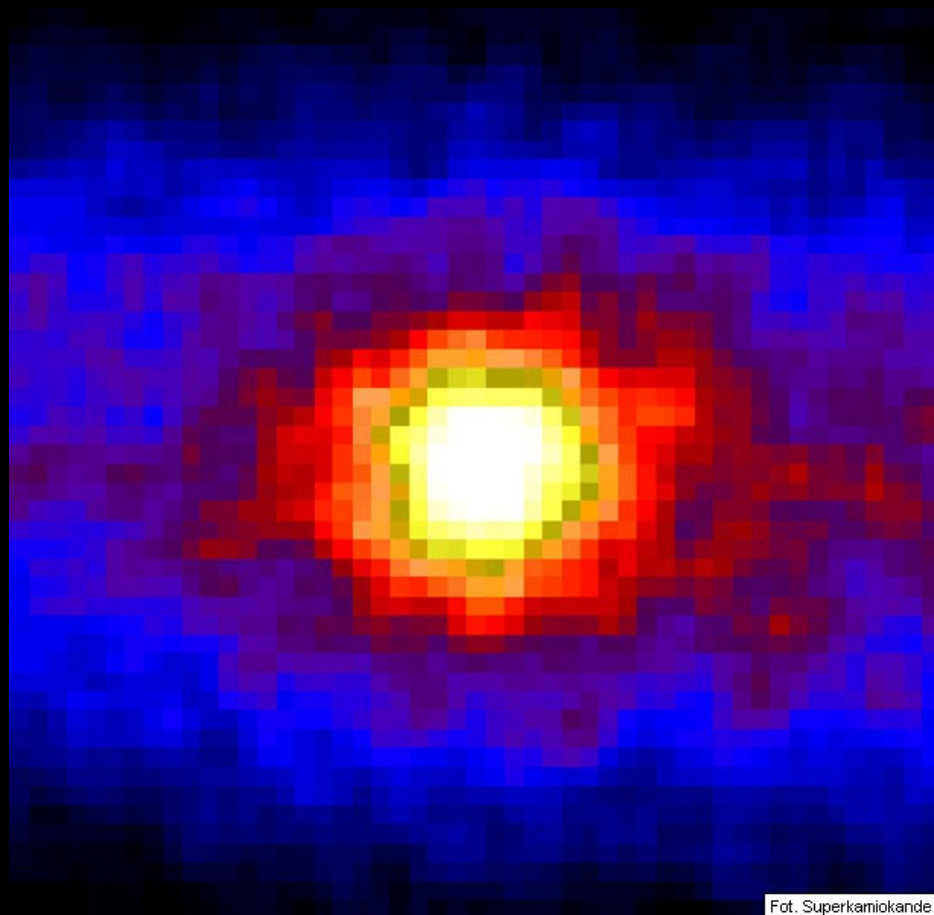
Planety pozasłoneczne



Słabo oddziałujące cząstki



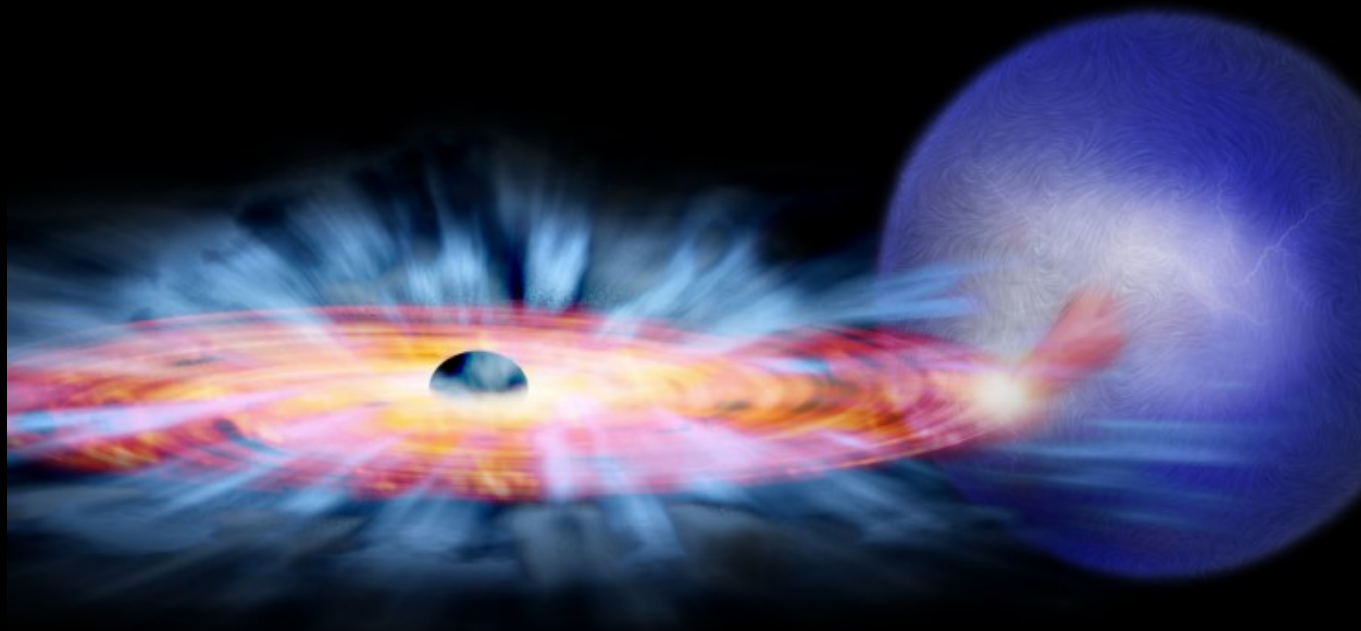
Neutrina



Pierwszy obraz Słońca
uzyskany na podstawie
zarejestrowanych
neutrin.



Czarne dziury



Ogólna teoria względności

Albert Einstein 1916

- Równoważność masy i energii.
 - Wszechświat statyczny – konieczność wprowadzenia stałej kosmologicznej.
-
- Lata 50-te „Istota teorii względności”:
Brak możliwości zmierzenia ilości materii we Wszechświecie ze względu na możliwość istnienia materii, która nie świeci.

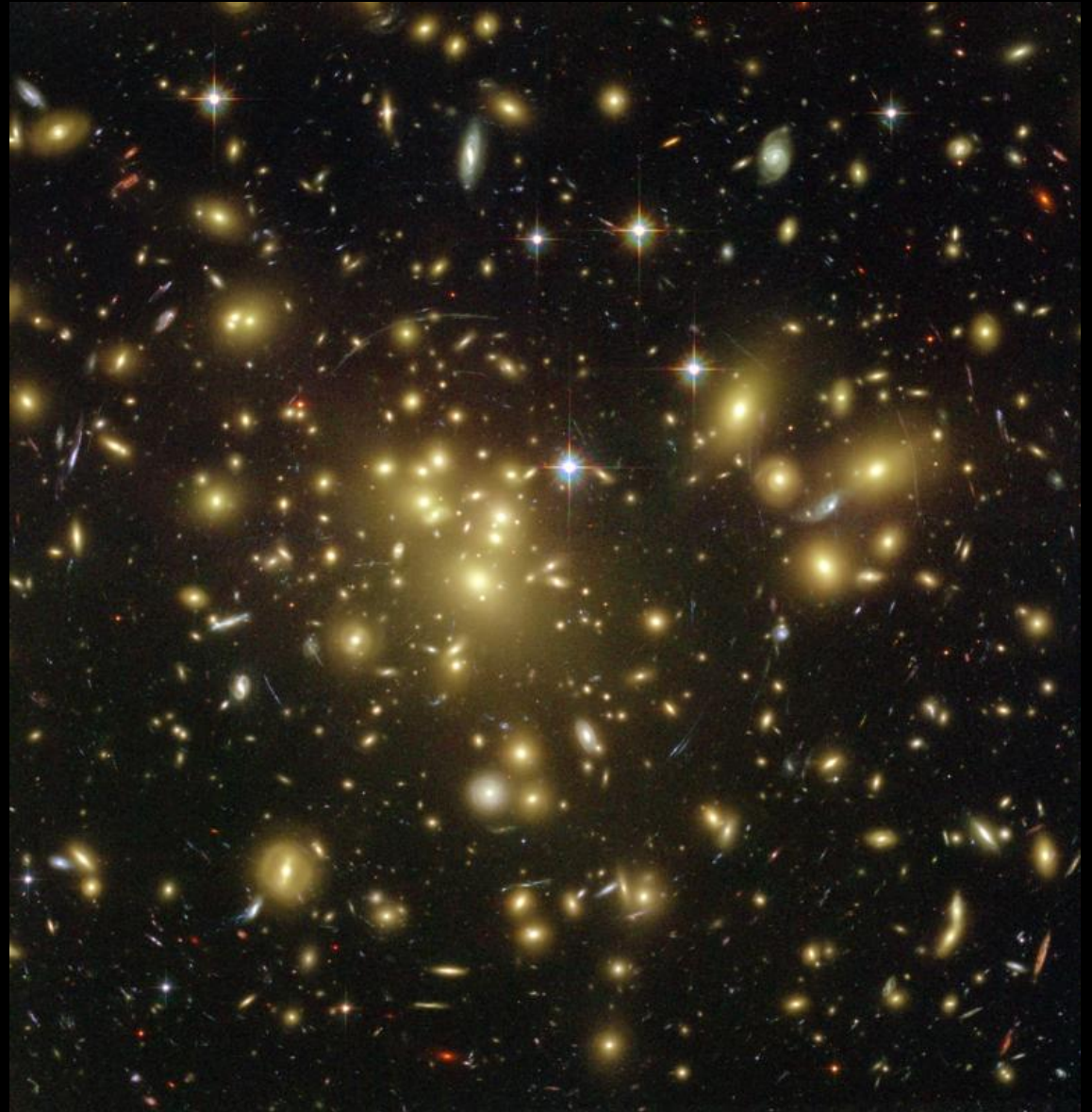
Rozszerzanie Wszechświata

Edwin Hubble

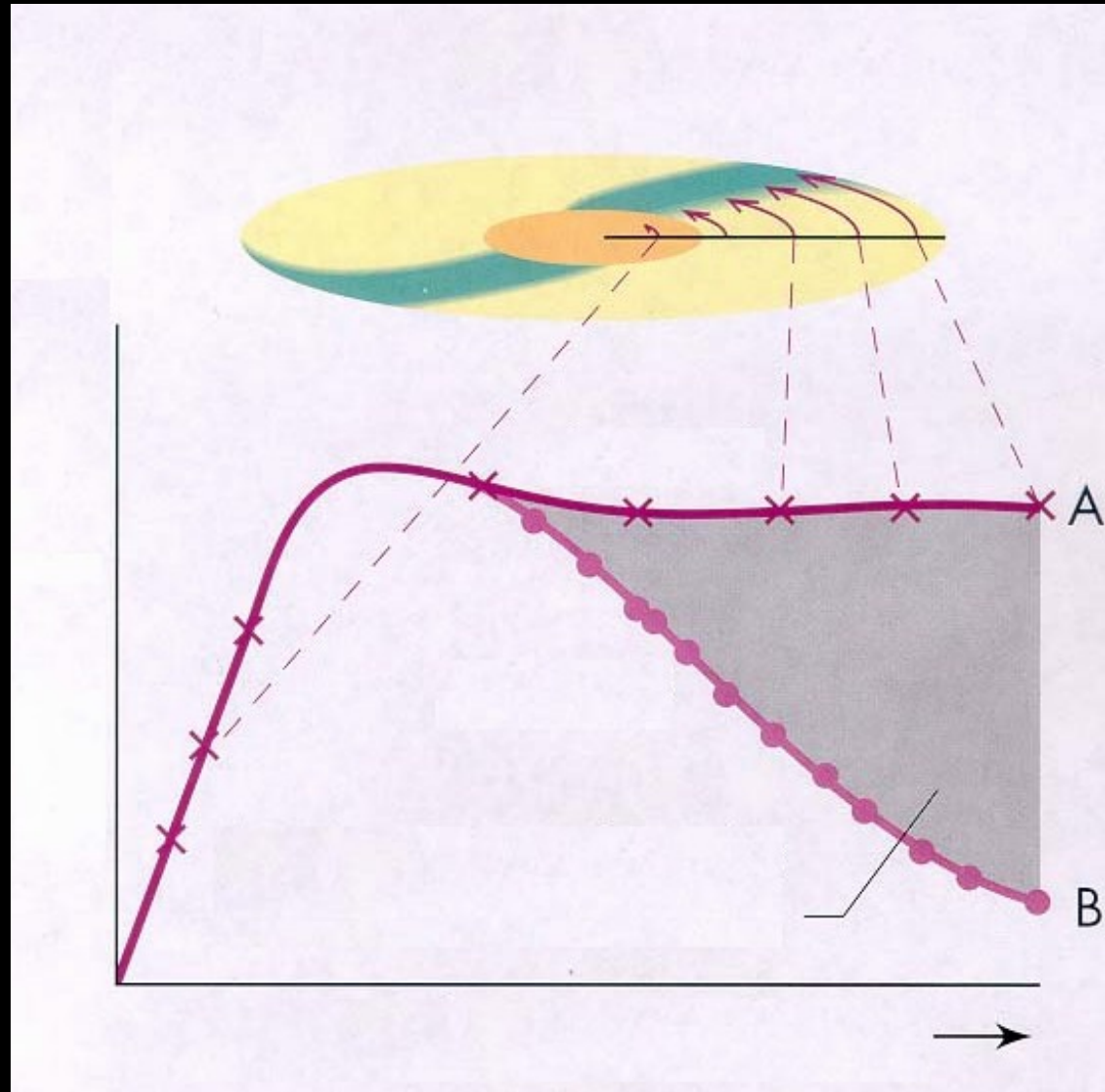
- 1924 galaktyki nie są mgławicami w naszej Galaktyce.
- 1929 Odkrycie związku pomiędzy odległością do galaktyk, a ich przesunięciem ku czerwieni - prędkościami.

Gromady galaktyk

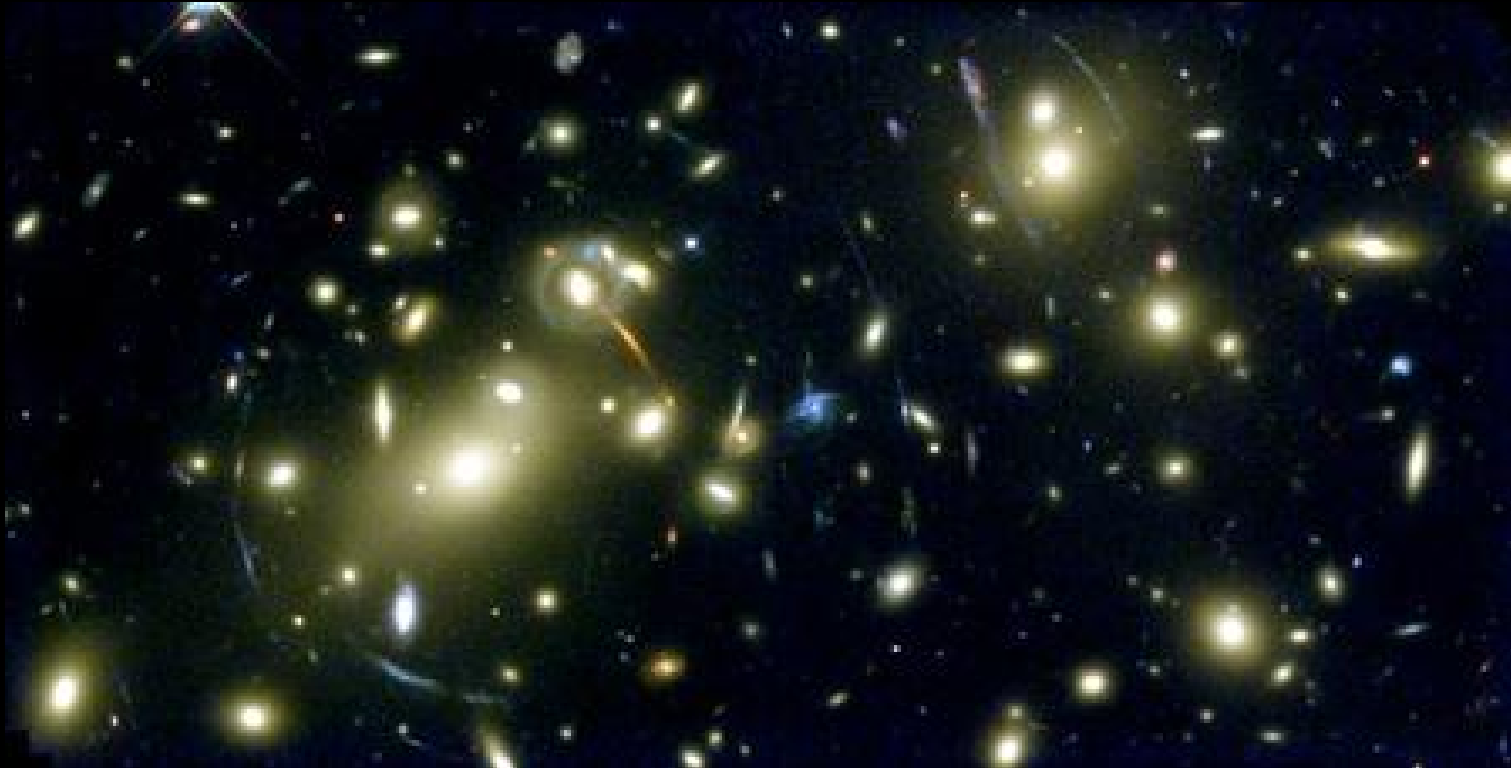
Fritz Zwicky 1933



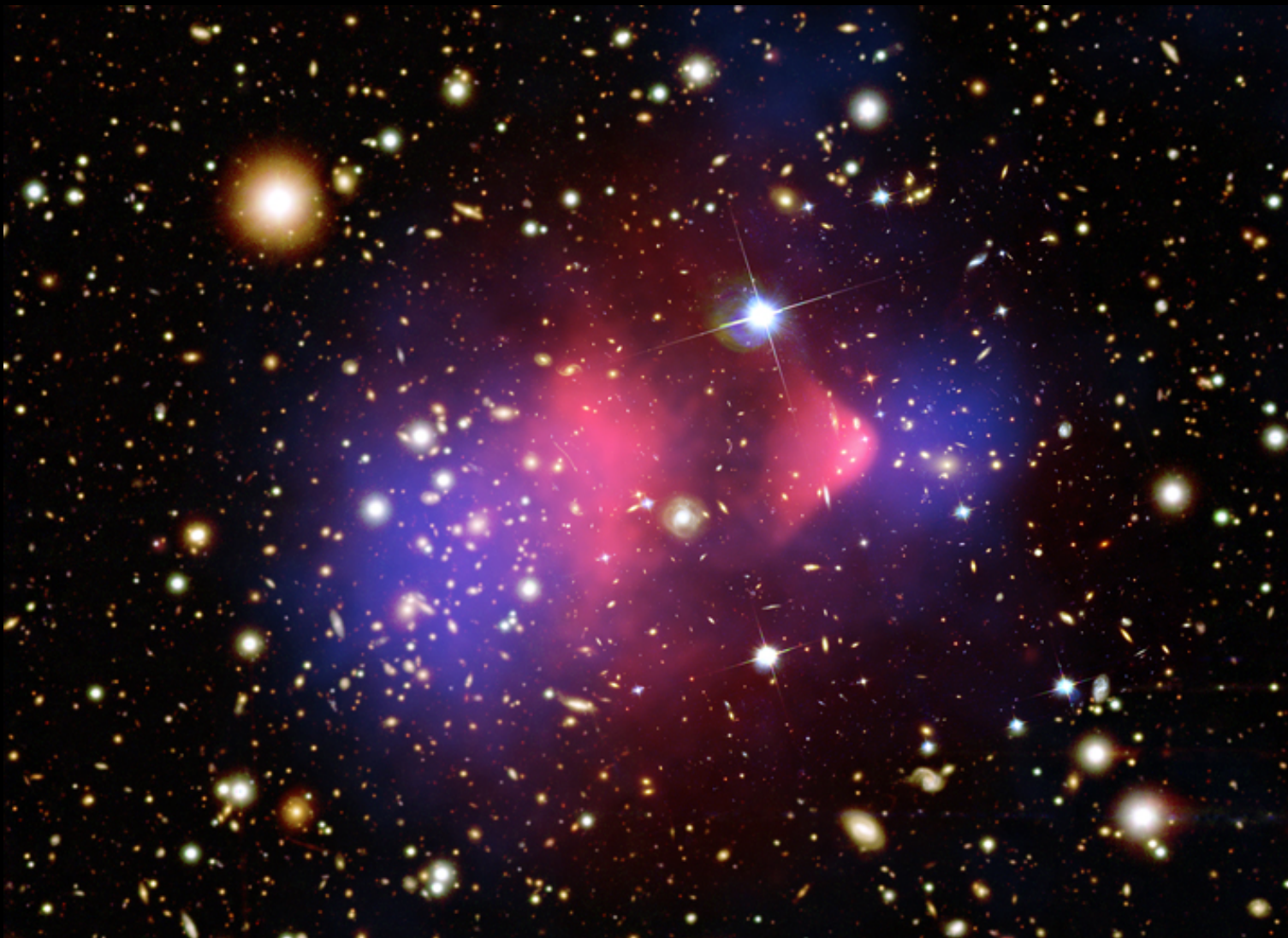
Prędkości gwiazd w galaktykach



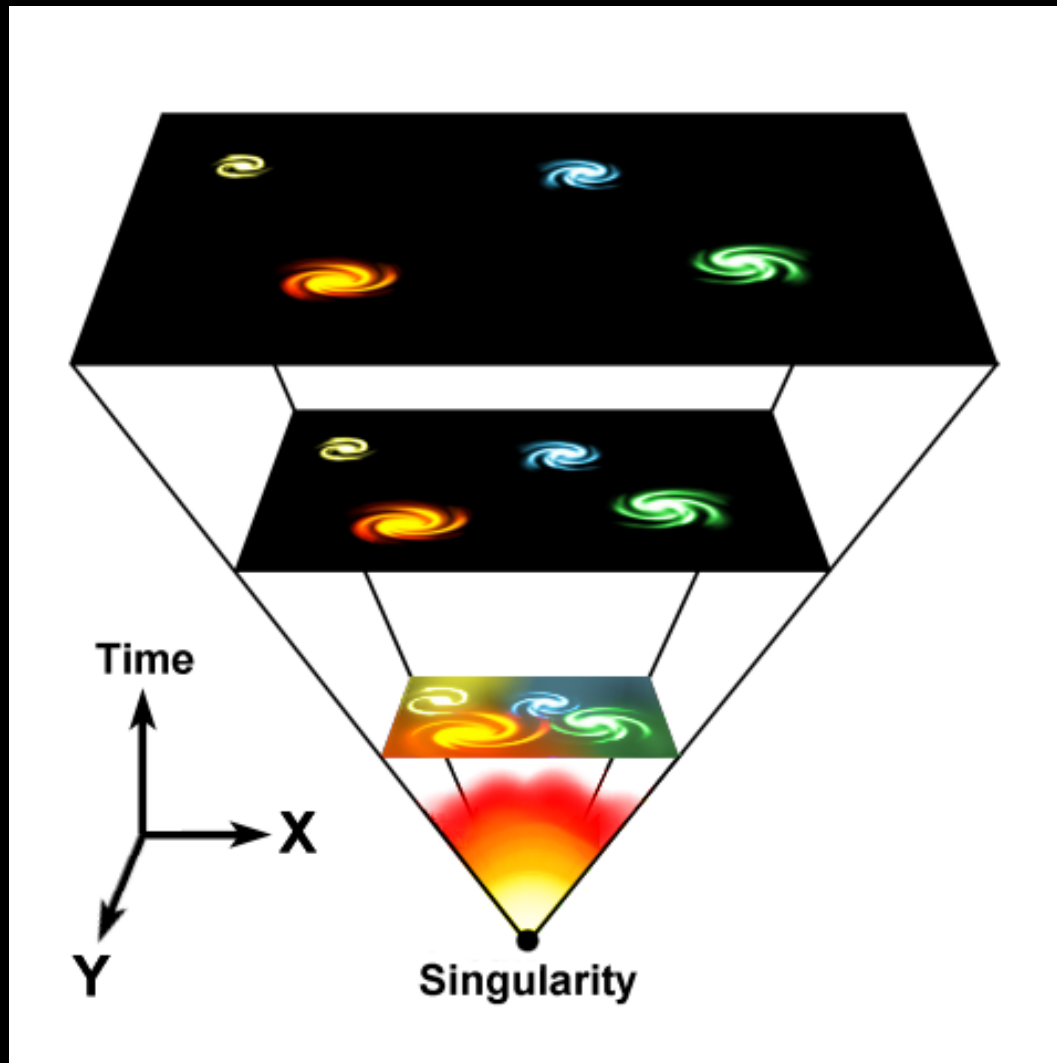
Soczewkowanie grawitacyjne



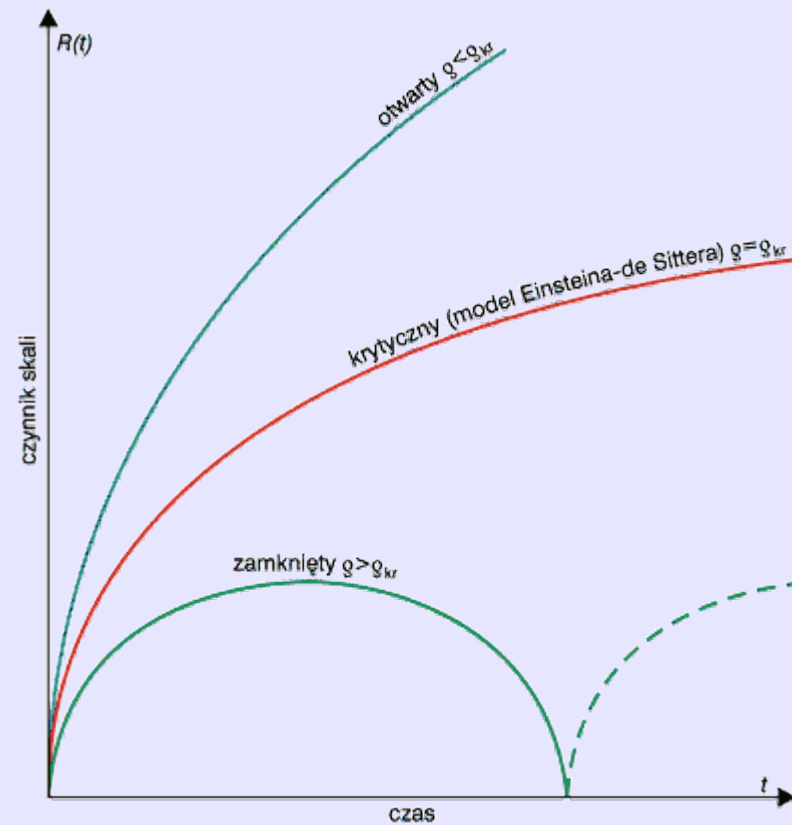
Gromada Pocisk



Wielki wybuch



Wszechświat otwarty/płaski/zamknięty



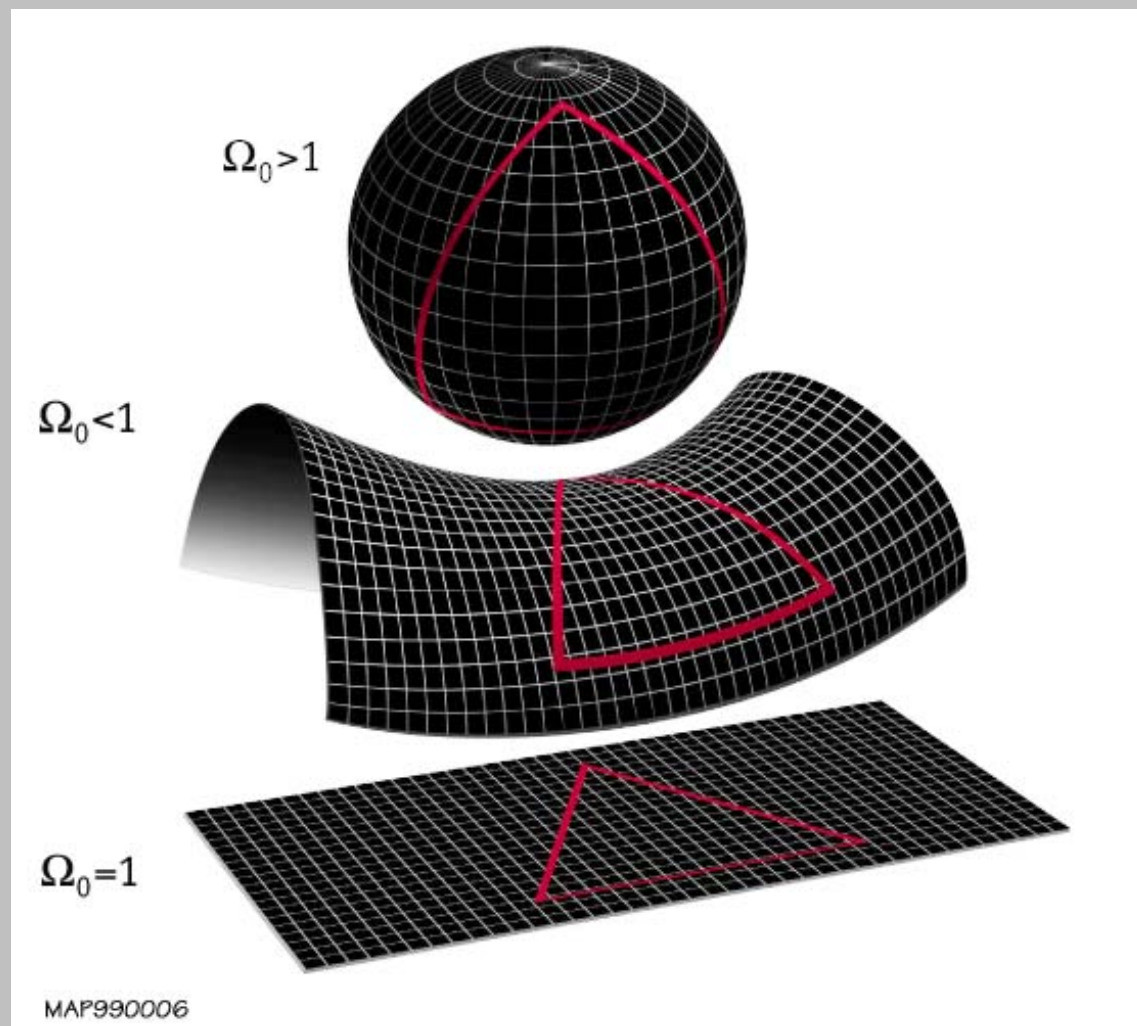
Gęstość krytyczna

$$\Omega = \frac{\rho}{\rho_{crit}}$$

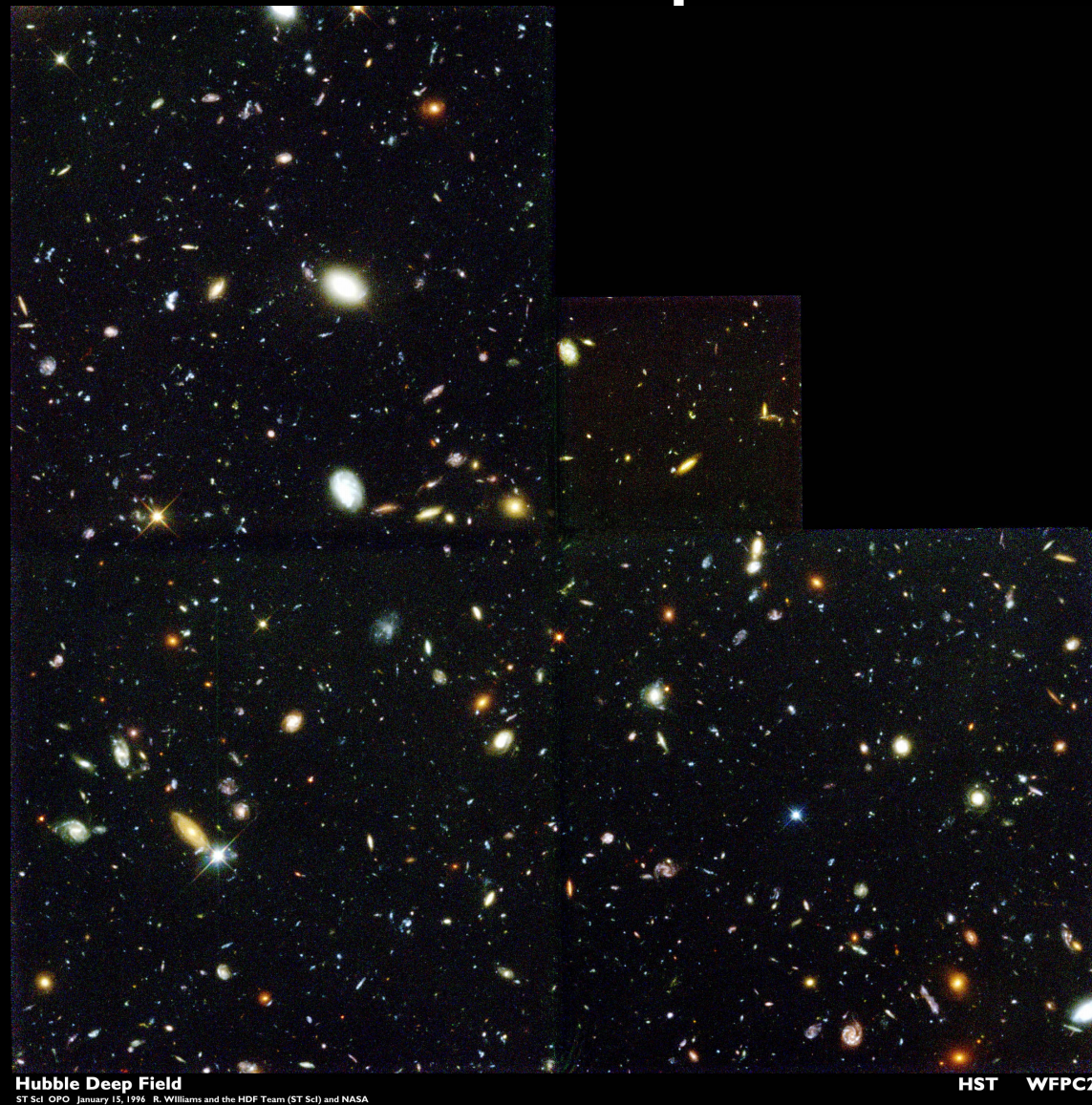
$\Omega > 1$ zamknięty

$\Omega = 1$ płaski

$\Omega < 1$ otwarty



Hubble Deep Field

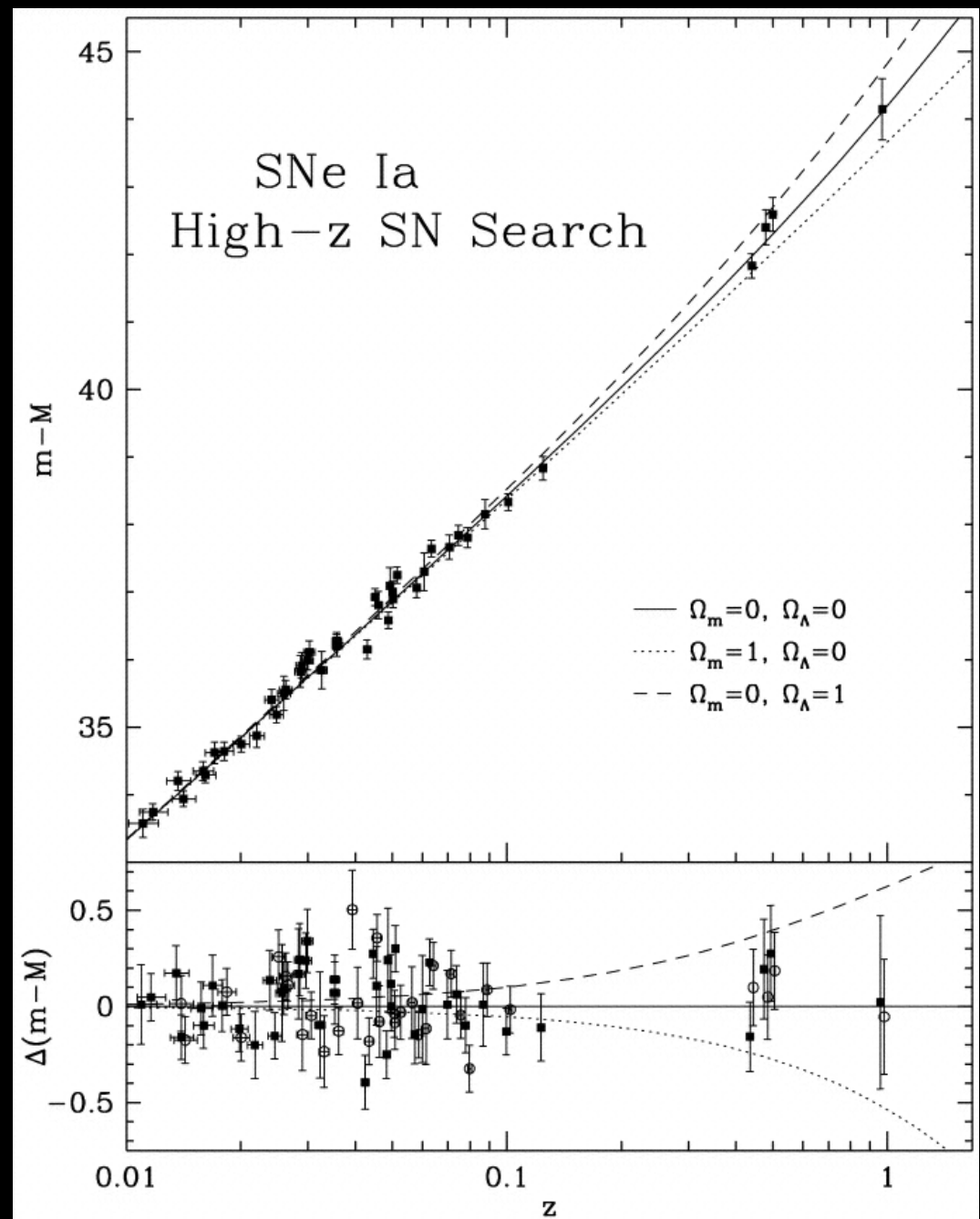


Hubble Deep Field

ST ScI OPO January 15, 1996 R. Williams and the HDF Team (ST ScI) and NASA

HST WFPC2

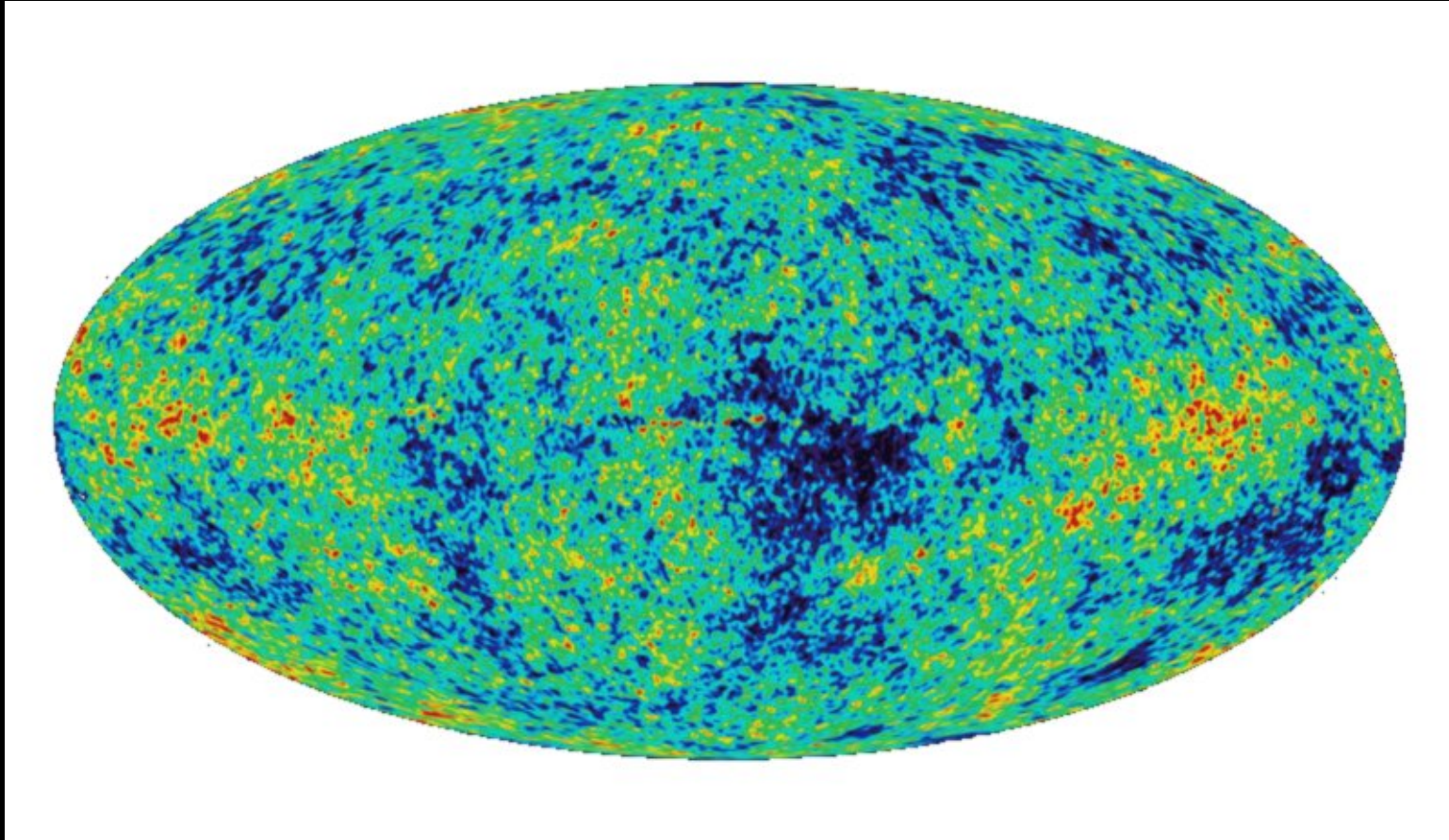
Supernowe Ia



Supernowe Ia

- Tempo ekspansji Wszechświata rośnie
- Wszechświat jest globalnie płaski
- Wszechświat wypełniony jest ciemną, rozpychającą energią o gęstości
 $\Omega_{\Lambda} = 0.7\Omega_0$

WMAP

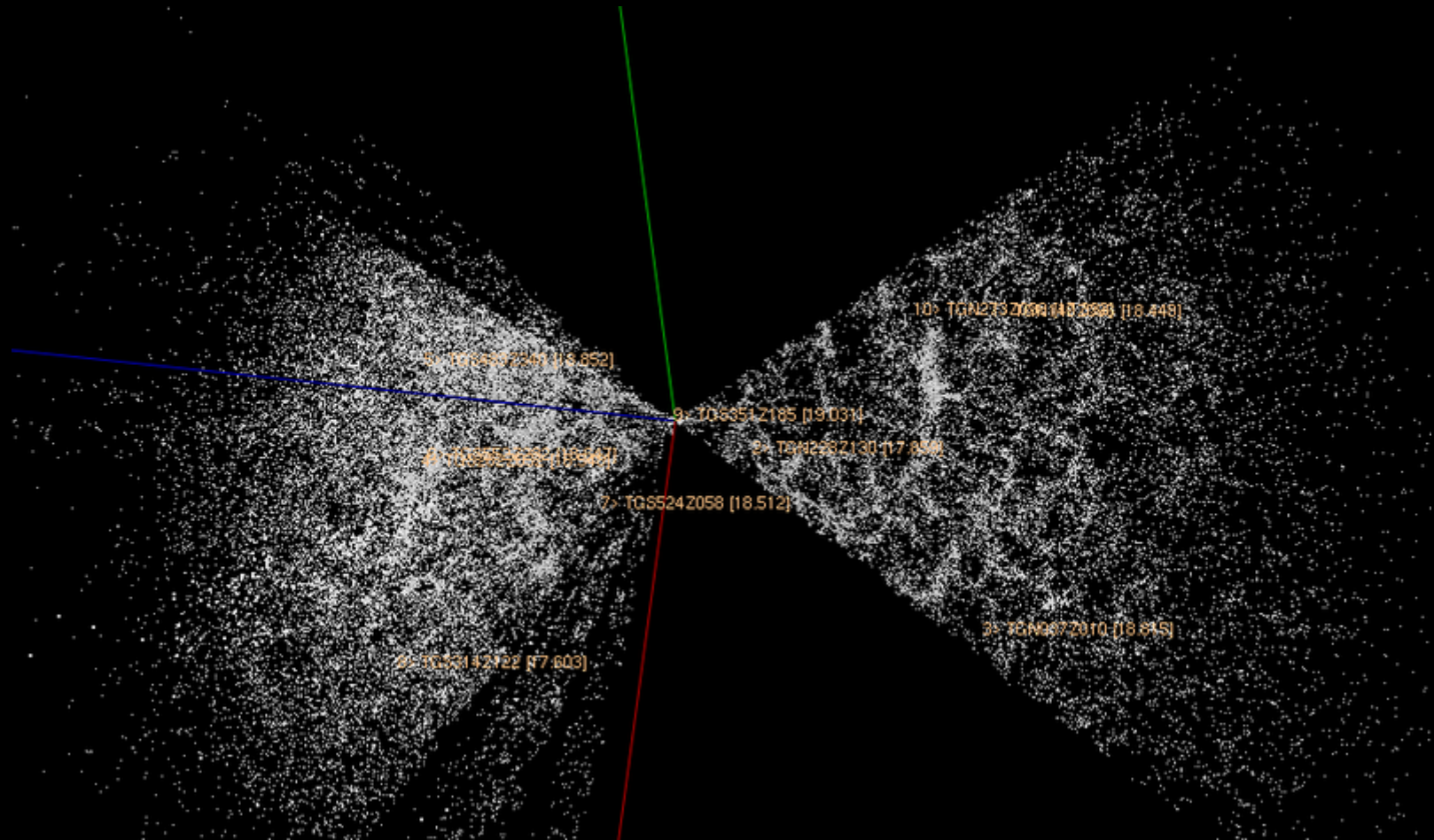


WMAP

- Widmo ciała doskonale czarnego o temperaturze 2.7 K
- Rozkład izotropowy
- Wszechświat jest płaski
- 70% masy w postaci ciemnej energii

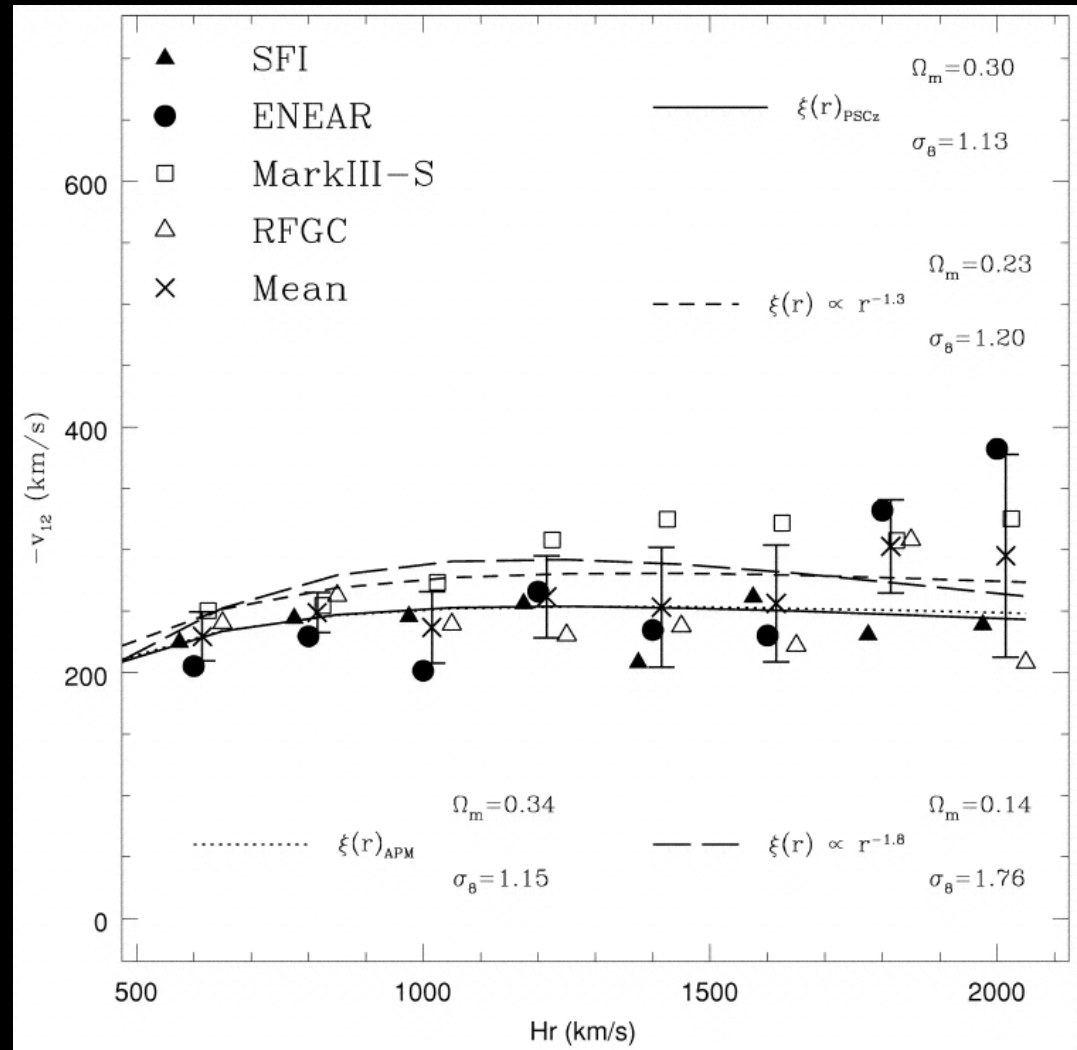


Rozkład przestrzenny galaktyk

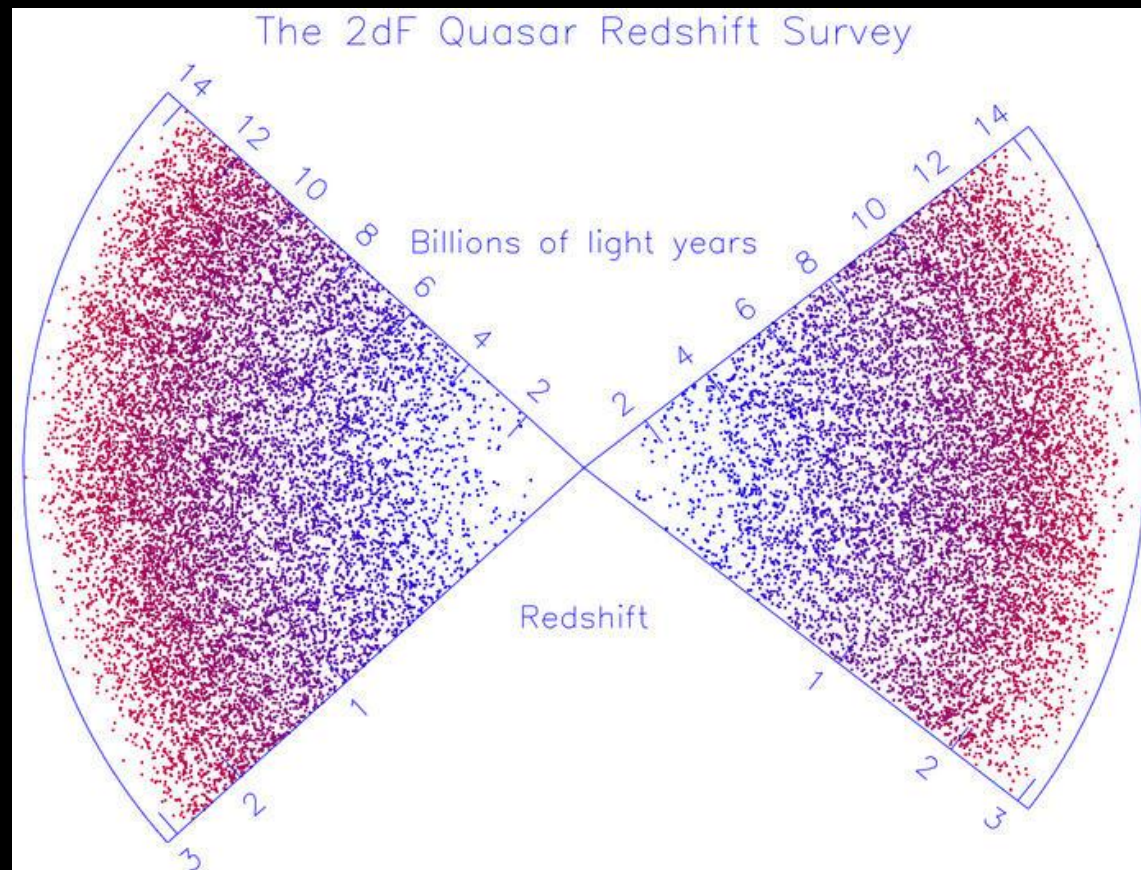


Prędkości względne galaktyk

$$\Omega_m = 0.3$$



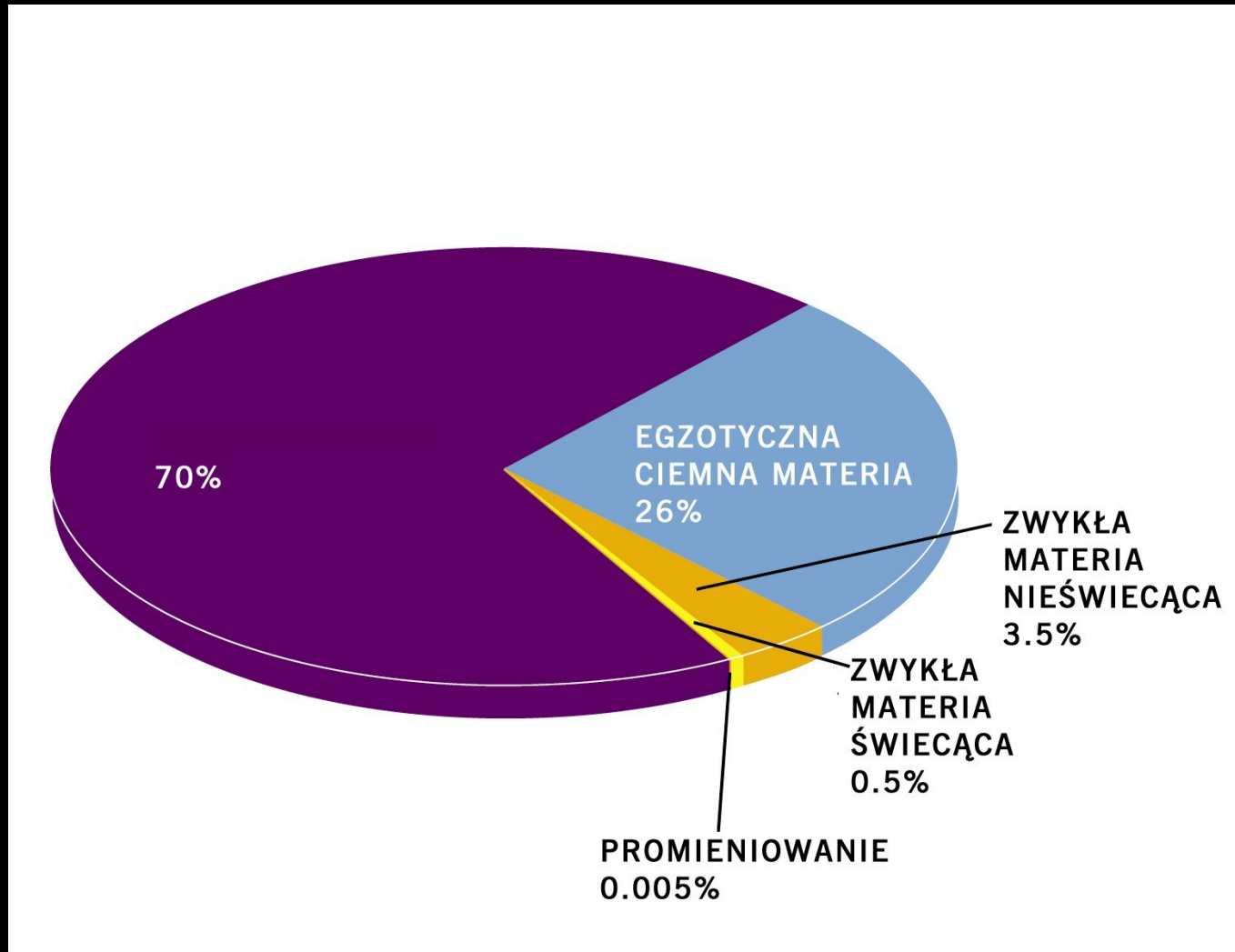
Katalogi kwazarów



Nukleosynteza po wielkim wybuchu

- Stosunek zawartości wodoru, helu i litu w pierwotnej materii zależy od stosunku ilości barionów do fotonów, który wyznaczany jest z WMAP
- Maksymalnie może być 4% barionów i 30% całej materii (głównie ciemnej)

Wszechświat wypełniony ciemną energią



Podsumowanie

- Eter – ośrodek doskonale sprężysty, przez który płyną fale elektromagnetyczne
- Cieplik – płyn przenoszący ciepło
- Kwintesencja – ciemna energia wypełniająca Wszechświat
- ...

Historia lubi się powtarzać

- Starożytni Grecy - 4 żywioły: ziemia, powietrze, woda i ogień
+ kwintesencja
- Współczesna kosmologia - 4 rodzaje materii:
bariony, leptony, fotony i ciemna materia
+ kwintesencja