

Święto Uniwersytetu Warszawskiego, 27.11.2008

Początek Wszechświata - mity, teorie, eksperymenty

Grzegorz Wrochna

Instytut Problemów Jądrowych im. A. Sołtana

Warszawa / Świerk

wrochna@ipj.gov.pl

Początek Wszechświata

- ◆ **Mity**
- ◆ **Spekulacje filozoficzne**
- ◆ **Teorie fizyczne**
- ◆ **Pomiary i eksperymenty**

Kopernik 1543

Układ heliocentryczny

Przed:

- ◆ **Wszechświat**
= Ziemia + otoczenie (ciała niebieskie)

Po:

- ◆ **Ziemia = jedna z wielu planet**
- ◆ **Wszechświat**
= przestrzeń zawierająca ciała niebieskie
 - przedmiot spekulacji filozoficznych

Einstein 1915

Ogólna teoria względności

- ◆ narodziny współczesnej kosmologii

Przed:

- ◆ Czasoprzestrzeń = arena zjawisk
- ◆ Wszechświat = kontener

Po:

- ◆ Czasoprzestrzeń = element Wszechświata
 - może się zakrzywiać, rozszerzać, kurczyć
- ◆ Wszechświat = obiekt fizyczny
 - przedmiot teorii fizycznych

Hubble 1929

Ucieczka galaktyk

◆ Wszechświat się rozszerza

Przed:

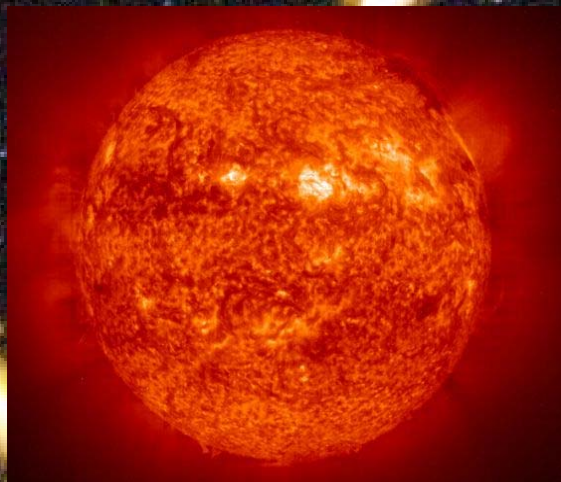
- ◆ Opis Wszechświata = ekstrapolacja teorii sprawdzonej na Ziemi i w jej otoczeniu

Po:

- ◆ Wszechświat przedmiotem pomiarów
 - Kosmologia = nauka eksperymentalna

Współczesny obraz Wszechświata

Astronomia w minutę



Skale odległości w jednostkach świetlnych:

Ziemia – Księżyc

1 s

Ziemia – Słońce

8 min

krańce Układu Słonecznego

11 h

najbliższa Słońcu gwiazda

4 lata

średnica Galaktyki

100 000 lat

odl. do gal. w Andromedzie

2.5 mln lat

widzialny Wszechświat

14 mld lat

Fizyka w 2 minuty

We Wszechświecie występują 4 rodzaje sił:

- ◆ **grawitacyjne** – spadanie, planety, galaktyki
- ◆ **elektromagnetyczne** – atomy, cząsteczki, tarcie, sprężystość, światło
- ◆ **słabe** – źródło energii gwiazd (Słońca)
- ◆ **silne** – wiąże protony i neutrony w jądra atomowe

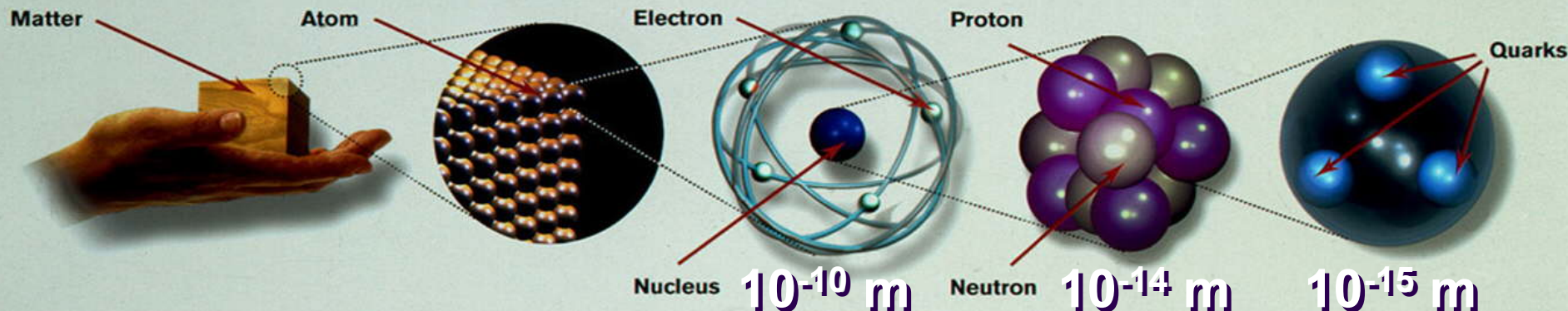
Struktura materii:

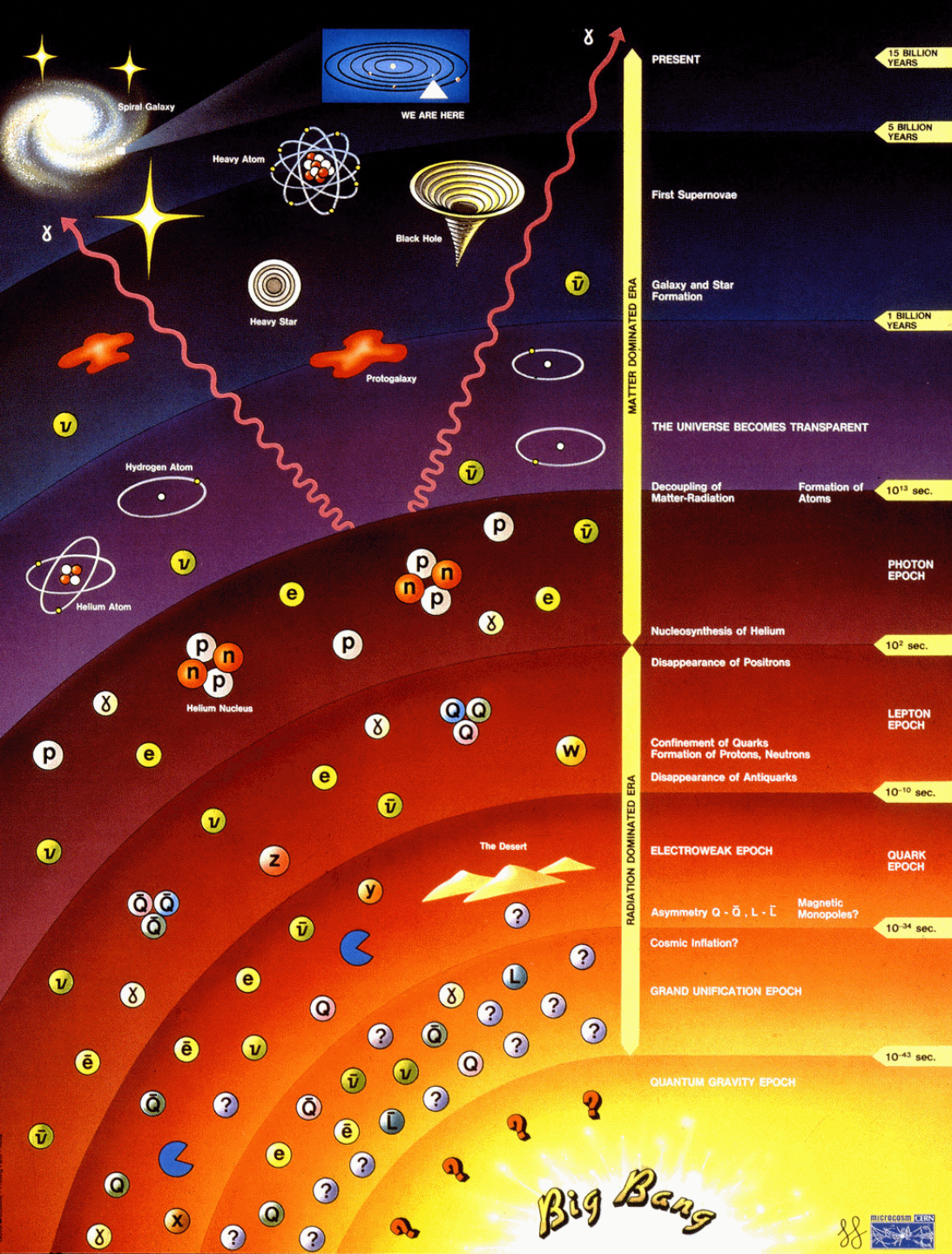
cząsteczki
atomy

jądra
elektrony

protony
neutrony

kwarki
gluony





14 mld lat – człowiek
10 mld lat – Ziemia

200 mln lat – galaktyki

380 000 lat – atomy

3 minuty – jądra He

miliardowa s – protony

??? - kwarki

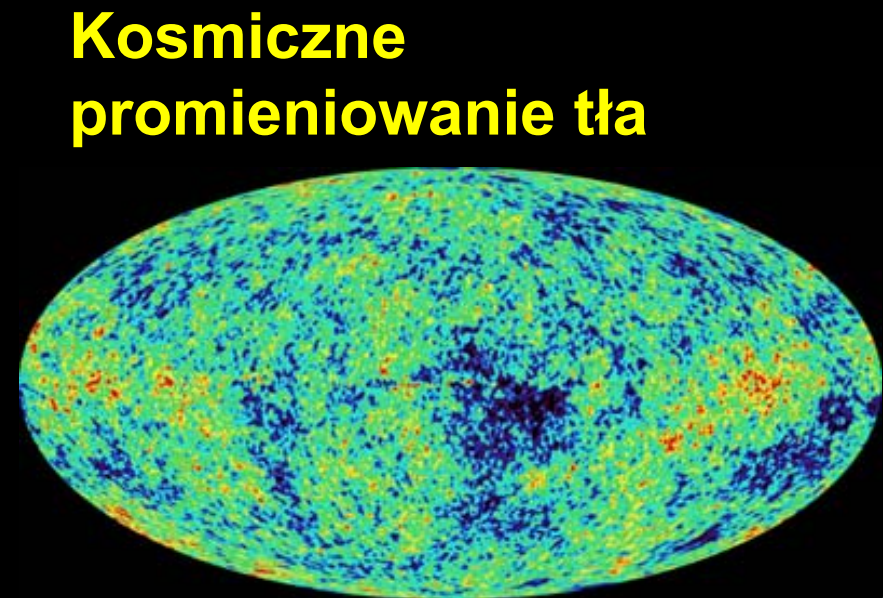
??? - ???

0 - ?!

**Kosmologia
w 3 minuty**

Skąd my to wiemy?

Odtwarzanie ewolucji Wszechświata



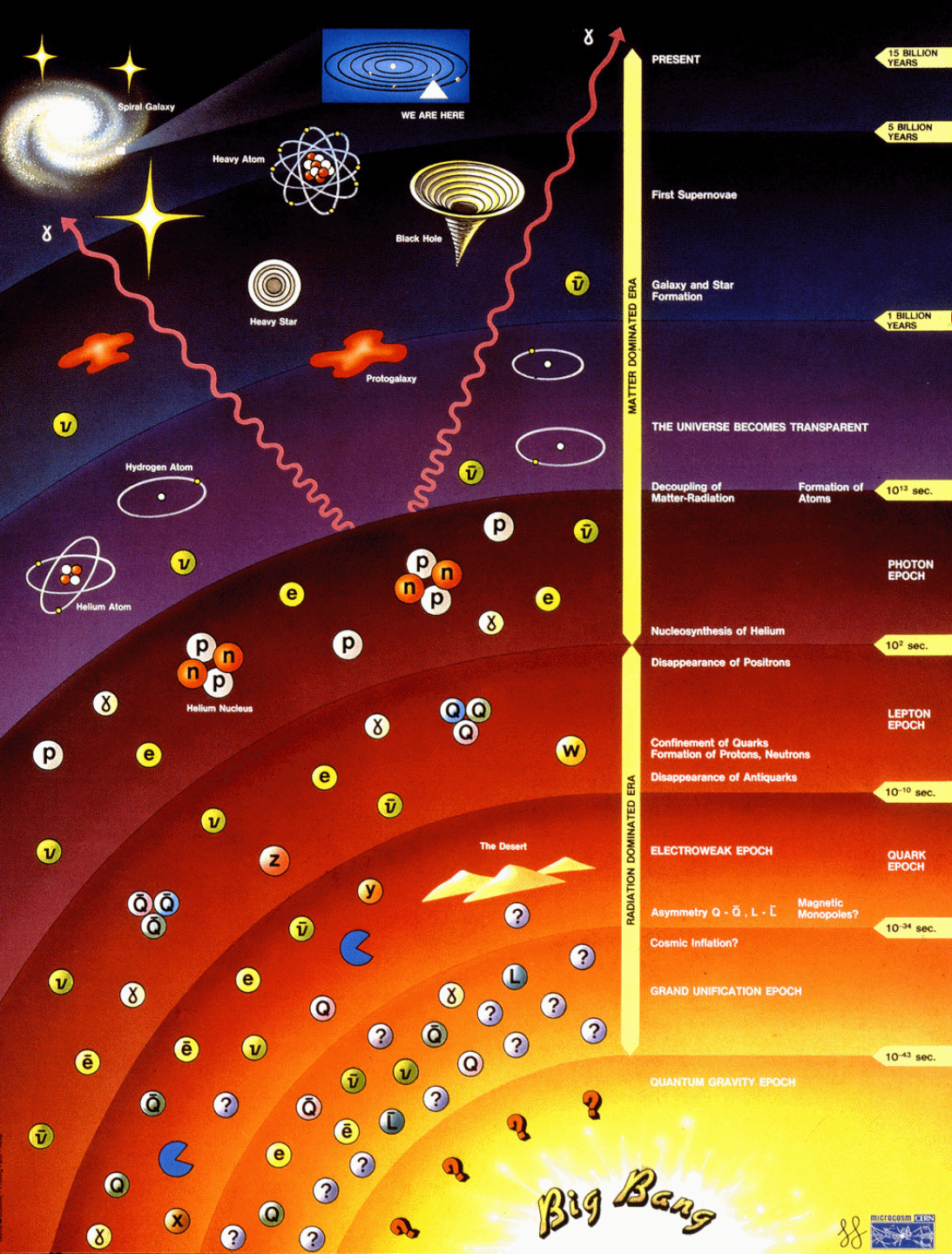
Narodziny kosmologii eksperymentalnej

W 1929 r. Edwin Hubble zauważył,
że im dalsza galaktyka, tym szybciej się oddala

⇒ **Wszechświat się rozszerza !**

⇒ zgodność z modelem Friedmana / równaniami Einsteina





14 mld lat – człowiek
10 mld lat – Ziemia

200 mln lat – galaktyki

380 000 lat – atomy

3 minuty – jądra He

miliardowa s – protony

??? - kwarki

??? - ???

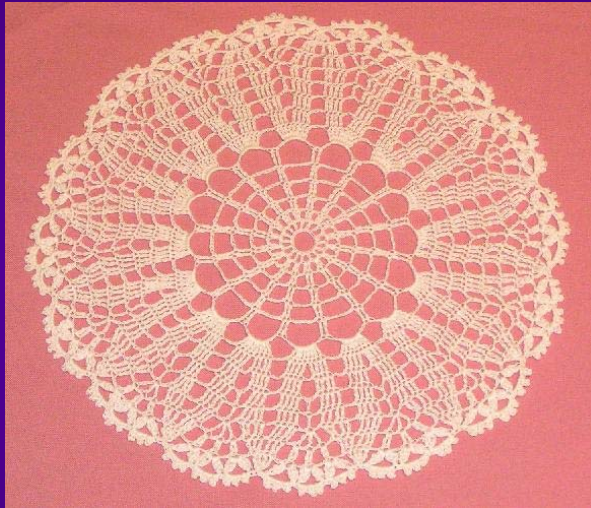
0 - ?!

Pomiary ekspansji Wszechświata

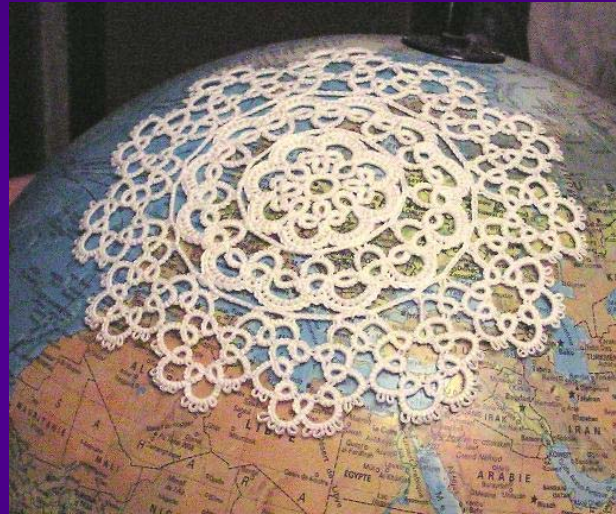
- ◆ **Czy Wszechświat zawsze się rozszerzał?
W jakim tempie?**
 - Obserwujemy odległe=wczesne obiekty
- ◆ **Czy ekspansja kiedyś ustanie? Odwróci się?**
 - Mierzymy gęstość materii ρ (liczymy galaktyki)
 - $\rho < \rho_{\text{krytyczne}} \Rightarrow$ wieczne rozszerzanie
 - $\rho > \rho_{\text{krytyczne}} \Rightarrow$ zahamowanie ekspansji i zapaść
- ◆ **Czy Wszechświat ma skończone rozmiary?**
 - Mierzymy krzywiznę przestrzeni
 - krzywizna $> 0 \Rightarrow$ skończony
 - krzywizna $\leq 0 \Rightarrow$ nieskończony

Pomiar geometrii Wszechświata

krzywizna
zerowa



krzywizna
dodatnia



krzywizna
ujemna



obwód (liczba oczek)

$$=2\pi R$$

$$<2\pi R$$

$$>2\pi R$$

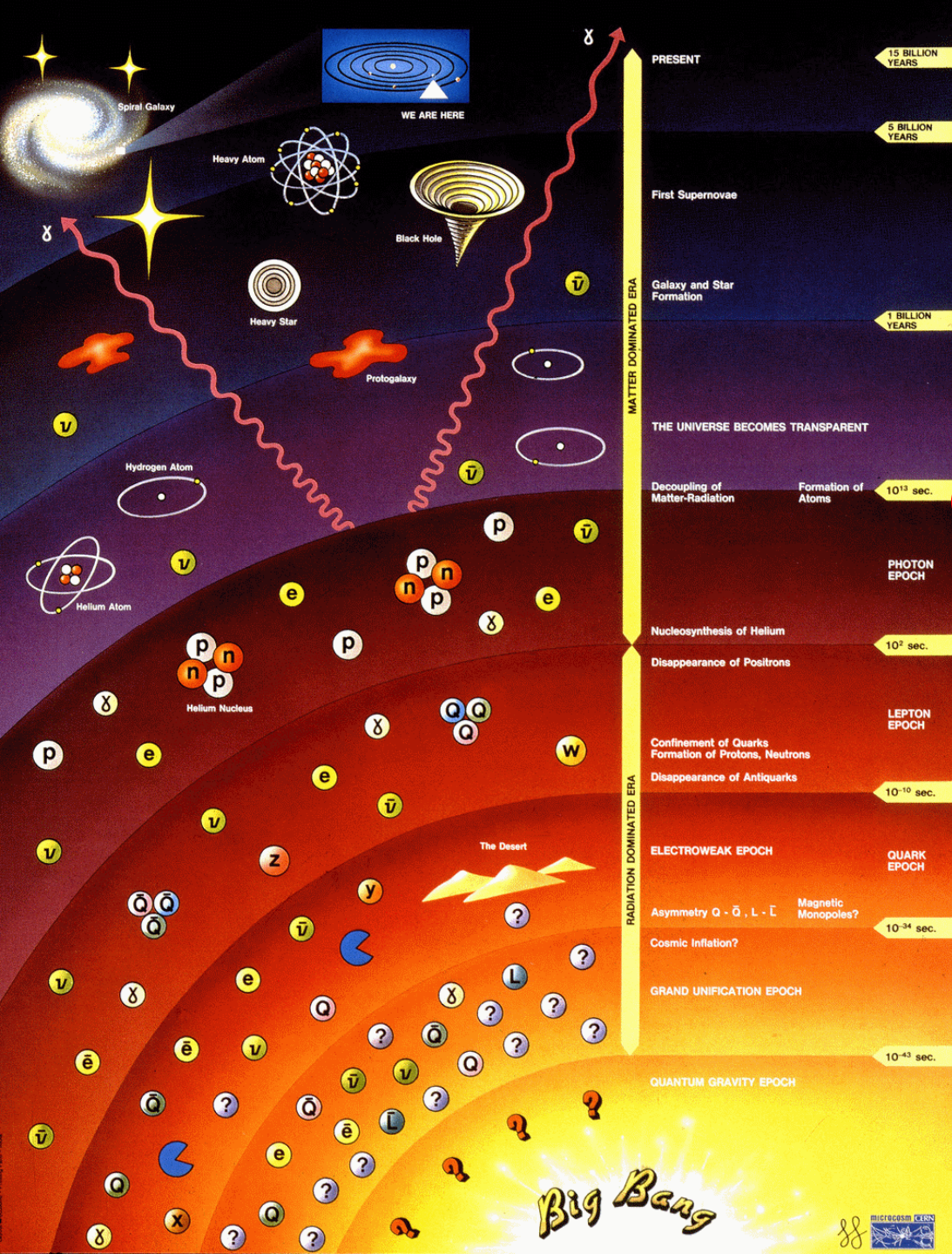
◆ Odległe wybuchy supernowych

Znaleziono zależność między długością i jasnością wybuchu

1. Mierzymy czas wybuchu $\Rightarrow$ obliczmy jasność absolutną
2. Mierzymy jasność obserwowaną $\Rightarrow$ obliczamy odległość

Wynik: ekspansja Wszechświata przyspiesza





14 mld lat – człowiek
10 mld lat – Ziemia

200 mln lat – galaktyki

380 000 lat – atomy

3 minuty – jądra He

miliardowa s – protony

??? - kwarki

??? - ???

0 - ?!

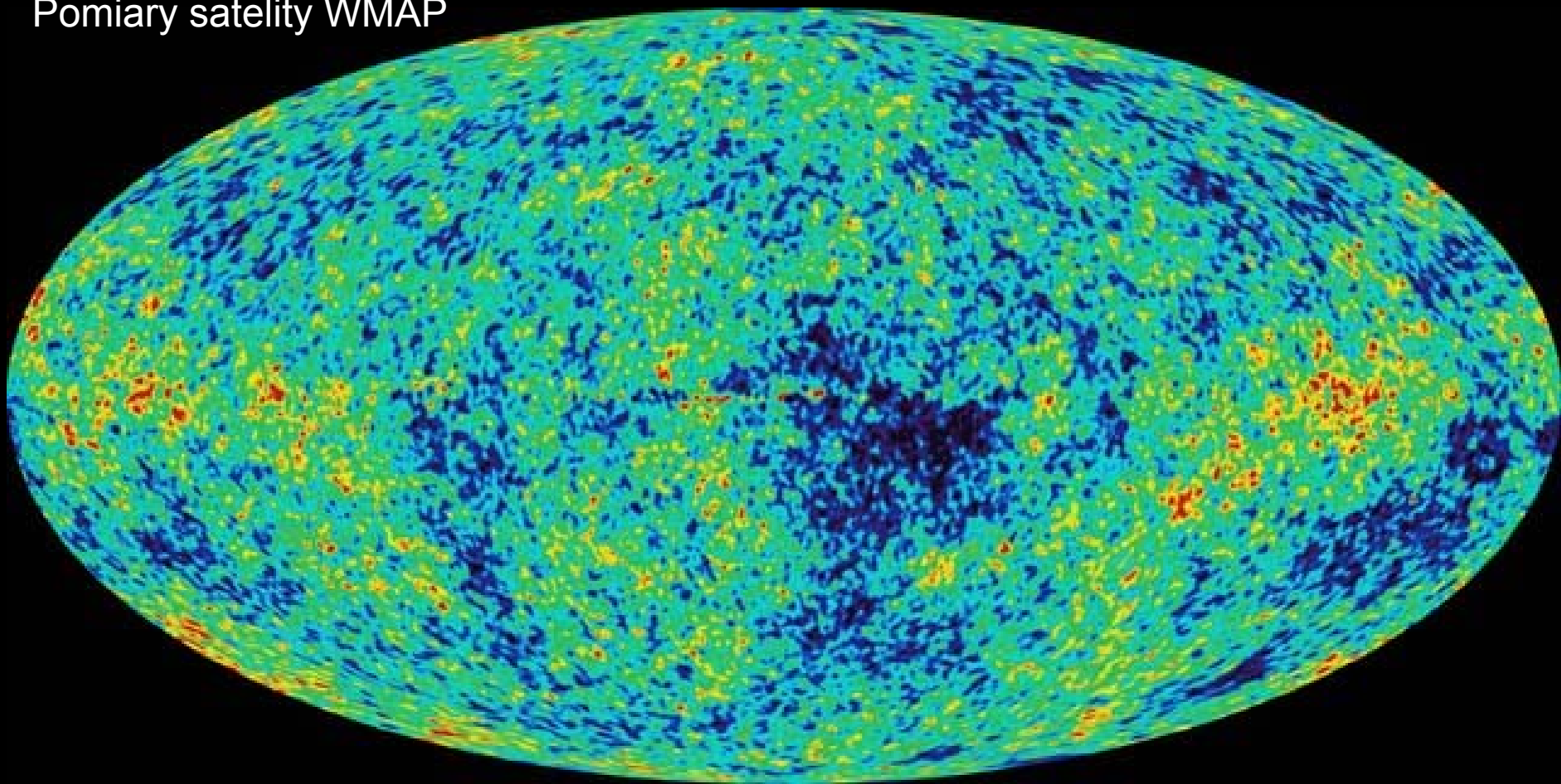
Promieniowanie reliktowe tła

- ◆ Przed powstaniem atomów elektrony i jądra oddziaływały z fotonami
⇒ **Wszechświat nieprzeźroczysty dla światła**
- ◆ Kiedy jądra wychwyciły elektrony to fotony uzyskały swobodę i podróżują przez Wszechświat do dziś
- ◆ Odkryli je Penzias i Wilson anteną radiową w 1964r
- ◆ Dziś mierzą je satelity COBE, WMAP, Planck

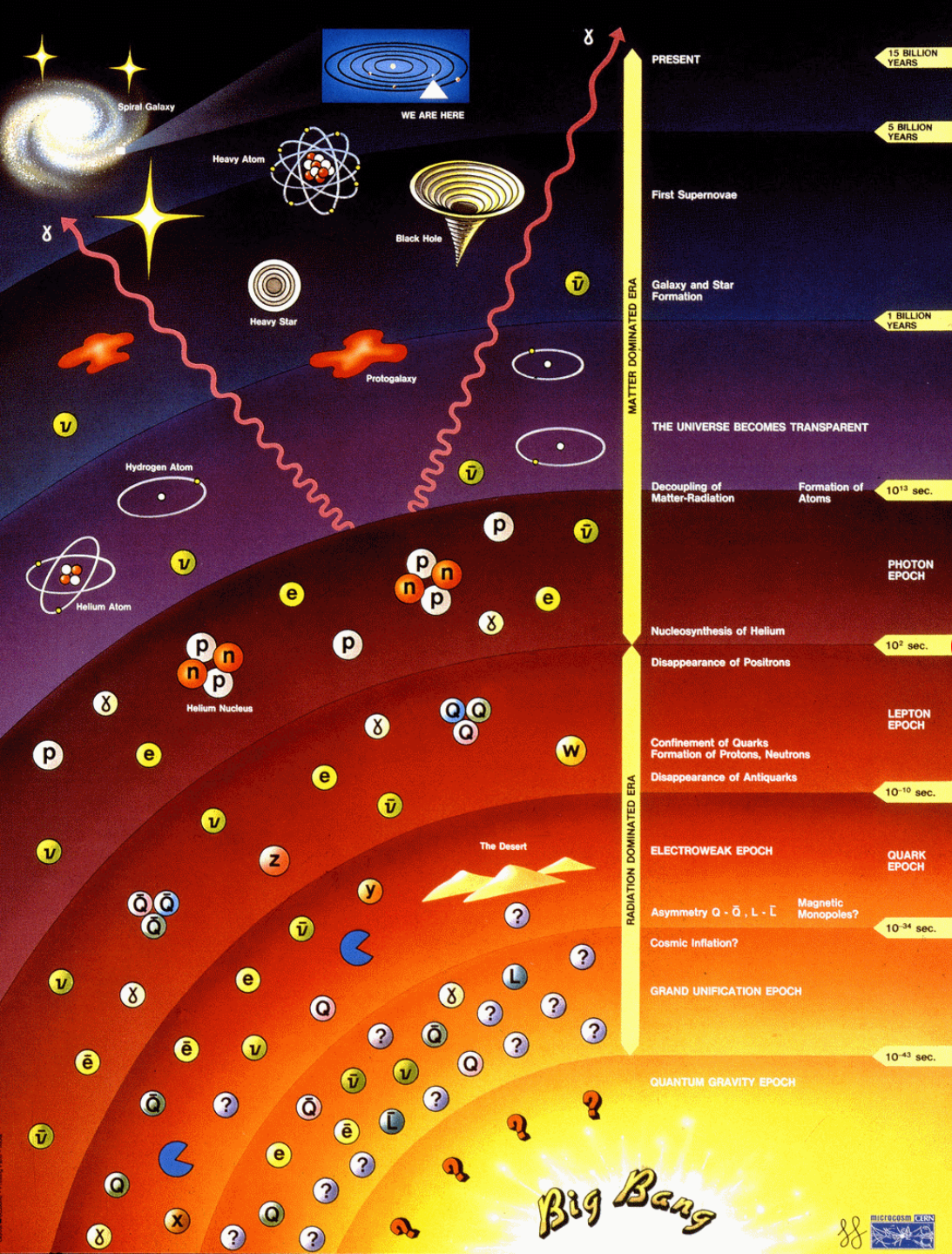


Fotografia młodego Wszechświata

Pomiary satelity WMAP



**Mikrofalowe promieniowanie reliktowe
powstało kiedy Wszechświat miał 380 000 lat
< 0.003% obecnego wieku**



14 mld lat – człowiek
10 mld lat – Ziemia

200 mln lat – galaktyki

380 000 lat – atomy

3 minuty – jądra He

miliardowa s – protony

??? - kwarki

??? - ???

0 - ?!

Pochodzenie pierwiastków

W Wielkim Wybuchu powstały
najlżejsze pierwiastki:

H, ^2H , ^4He , ^3He , ^7Li

Alpher, Bethe, Gamow, 1948

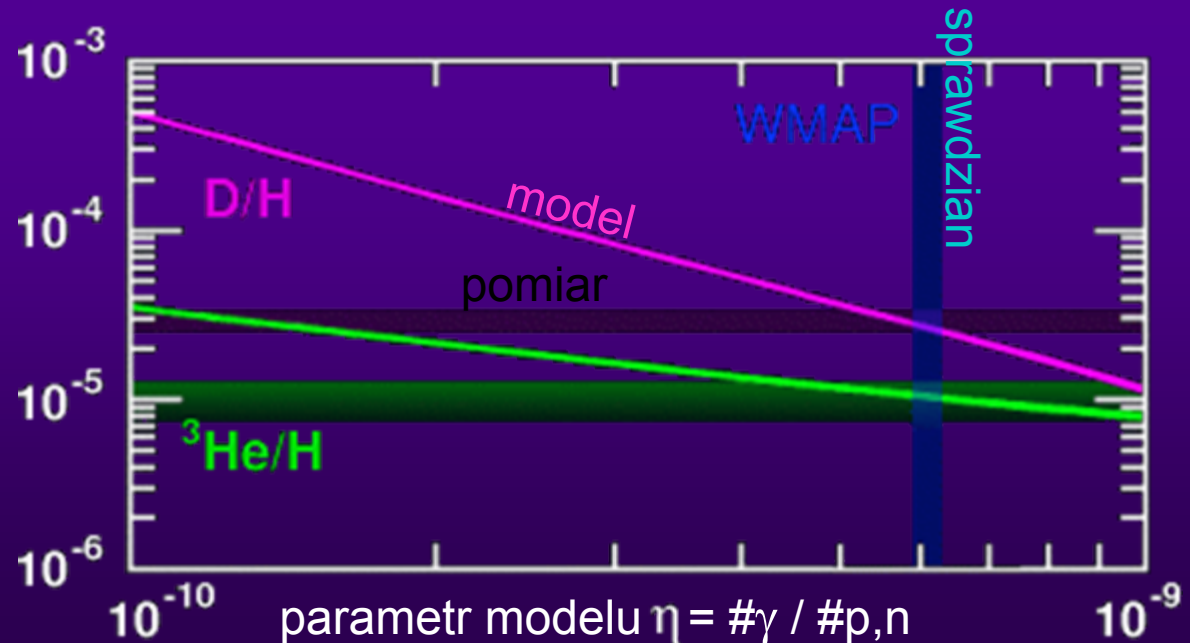
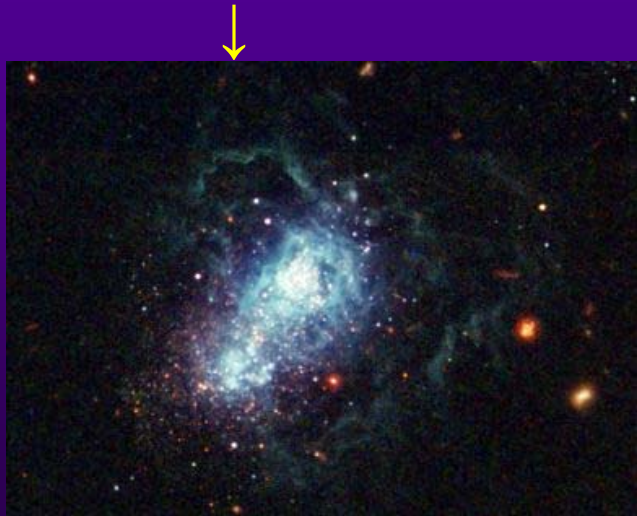
Cieęższe, np. azot ^{14}N , tlen ^{16}O ,
powstają w gwiazdach

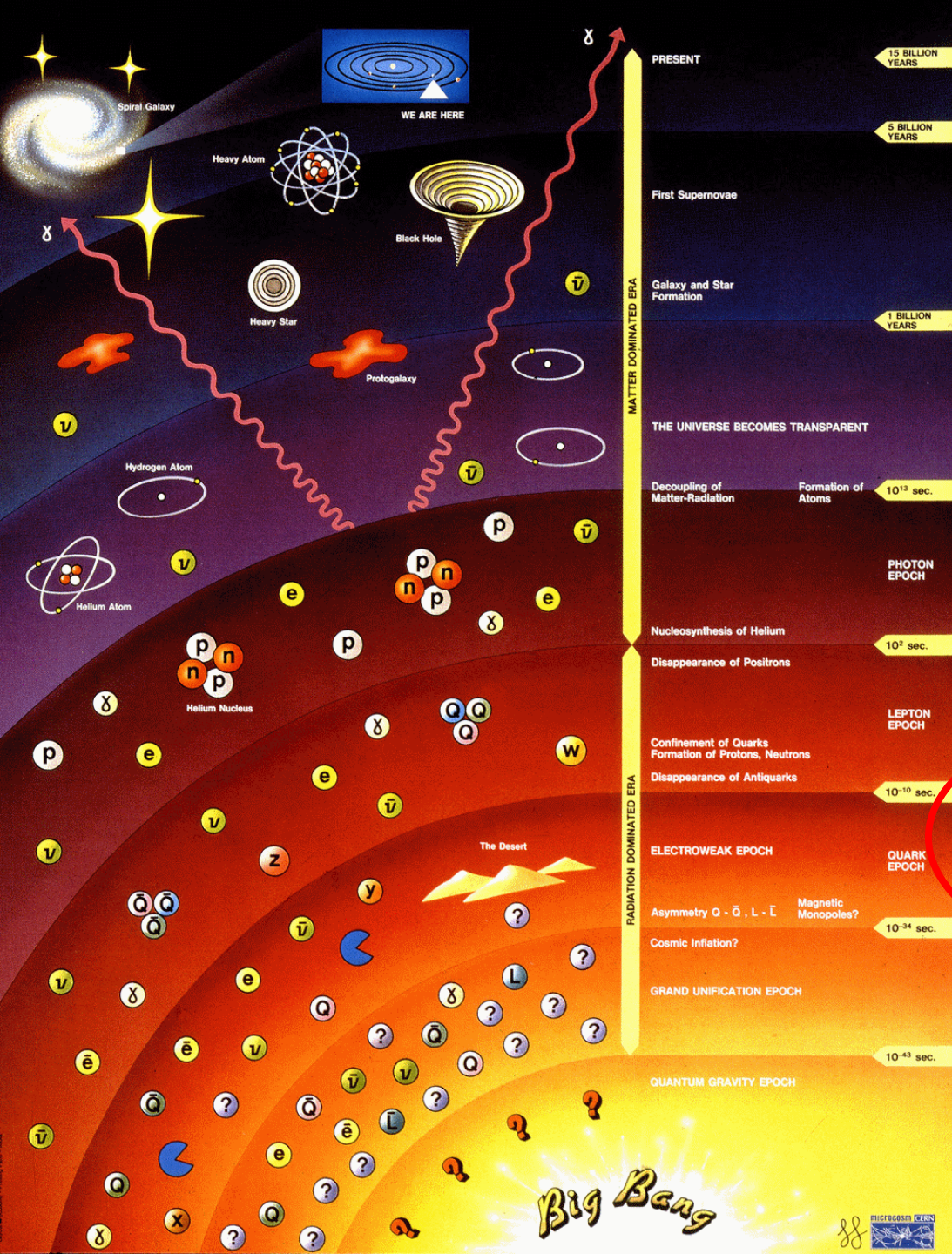
Cieęższe od żelaza
– w wybuchach supernowych

wodór	H	73,9 %
hel	He	24,0 %
tlen	O	0,101 %
węgiel	C	0,046 %
neon	Ne	0,013 %
żelazo	Fe	0,011%
azot	N	0,009 %

Rozpowszechnienie pierwiastków

- ◆ Pierwiastki rozpoznajemy po barwie wysyłanego lub pochłanianego światła (linie widmowe)
- ◆ Pierwotne proporcje mierzymy w obszarach
 - odległych = wczesnych, np. kwazary
 - ubogich w ^{14}N , ^{16}O = słabo ewoluujących, np. Galaktyki karłowate





14 mld lat – człowiek
10 mld lat – Ziemia

200 mln lat – galaktyki

380 000 lat – atomy

3 minuty – jądra He

miliardowa s – protony

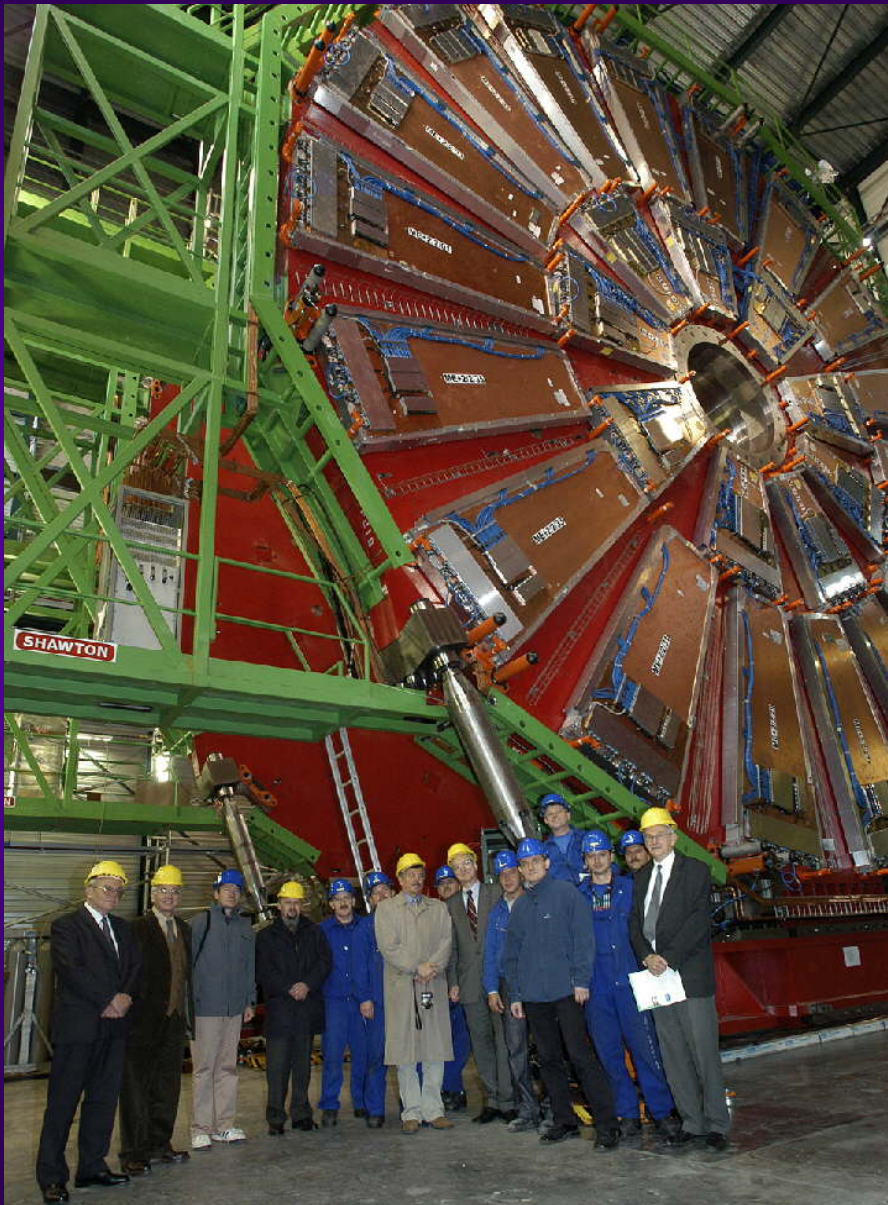
??? - kwarki

??? - ???

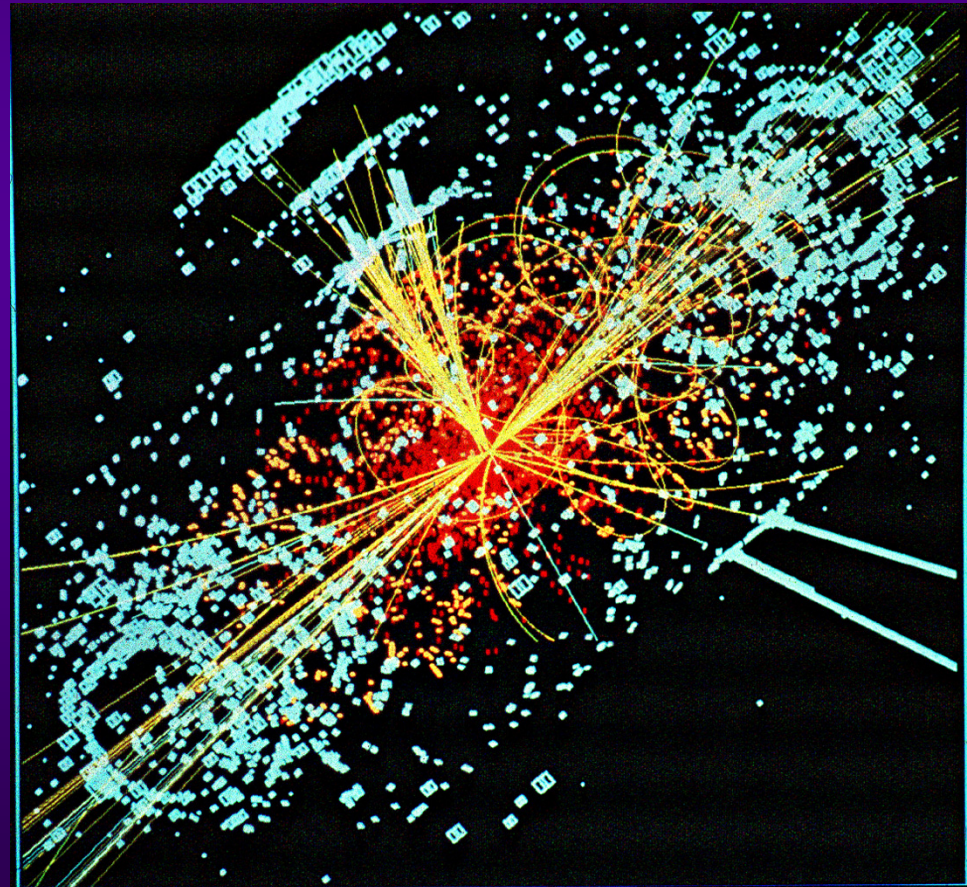
0 - ?!

Pierwsza miliardowa sekundy

◆ Warunki panujące we wczesnym Wszechświecie odtwarzamy zderzając cząstki rozpędzone w akceleratorach



Detektor rejestrujący cząstki



Odtworzone tory cząstek



Akcelerator LHC
27 km obwodu

CERN
Genewa

Akcelerator LHC w CERN (Genewa)

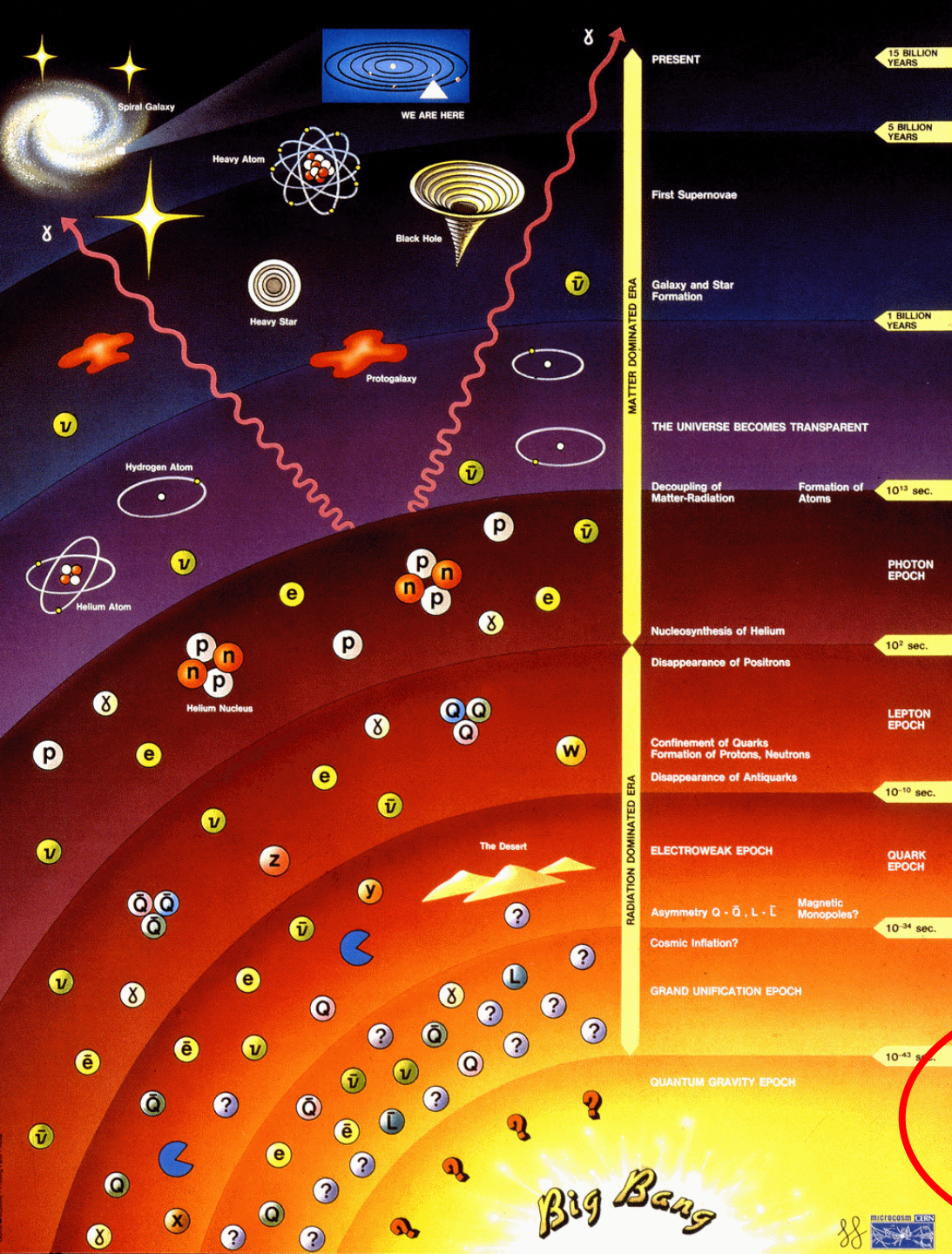


Obwód = 27 km

Wszechświat na dłoni

- ◆ Kosmologia z dziedziny czysto spekulatywnej przerodziła się w naukę eksperymentalną.
- ◆ Znamy wiek Wszechświata
- ◆ Odtworzyliśmy jego historię od 0,000 000 001 sekundy
 - W tej epoce nie dokonujemy już odkryć, tylko walczymy o precyzję pomiarów
- ◆ Zagadką pozostaje ta pierwsza nanosekunda
 - czas w jaki światło przebiega 3 cm ...





14 mld lat – człowiek
10 mld lat – Ziemia

200 mln lat – galaktyki

380 000 lat – atomy

3 minuty – jądra He

miliardowa s – protony

??? - kwarki

??? - ???

0 - ?!

Mity współczesne

Mit nr 1

„Wielki Wybuch dowodem istnienia Boga”

◆ Argument: **Wielki Wybuch = stworzenie świata**

- Wersja teistyczna:
„fizyka udowodniła istnienie Boga”
- Wersja ateistyczna:
„teoria, która opisuje stworzenie świata nie może być prawdziwa”
 - ◆ Hoyle wyśmiewał Lemaitre’a rozwijającego model ekspansji: „Big Bang Jesuit”. Tworzył teorię ciągłego powstawania materii z niczego.
 - ◆ W ZSRR zakazano kosmologii. Opornych fizyków rozstrzeliwano lub zsyłano na Sybir.

Mit nr 2

„Wielki Wybuch dowodem, że Boga nie ma”

◆ Argument: **Wielki Wybuch = stworzenie świata**

- Wersja ateistyczna:
„**Powstanie Wszechświata opisuje fizyka
⇒ nie ma miejsca dla Stwórcy**”
 - Wersja teistyczna (kreacjonizm):
„**teoria, która opisuje stworzenie świata inaczej niż
Biblia, nie może być prawdziwa**”
- ◆ Pogląd sprzeczny z nauką Kościoła Katolickiego

Źródła mitów

◆ Słaba znajomość fizyki

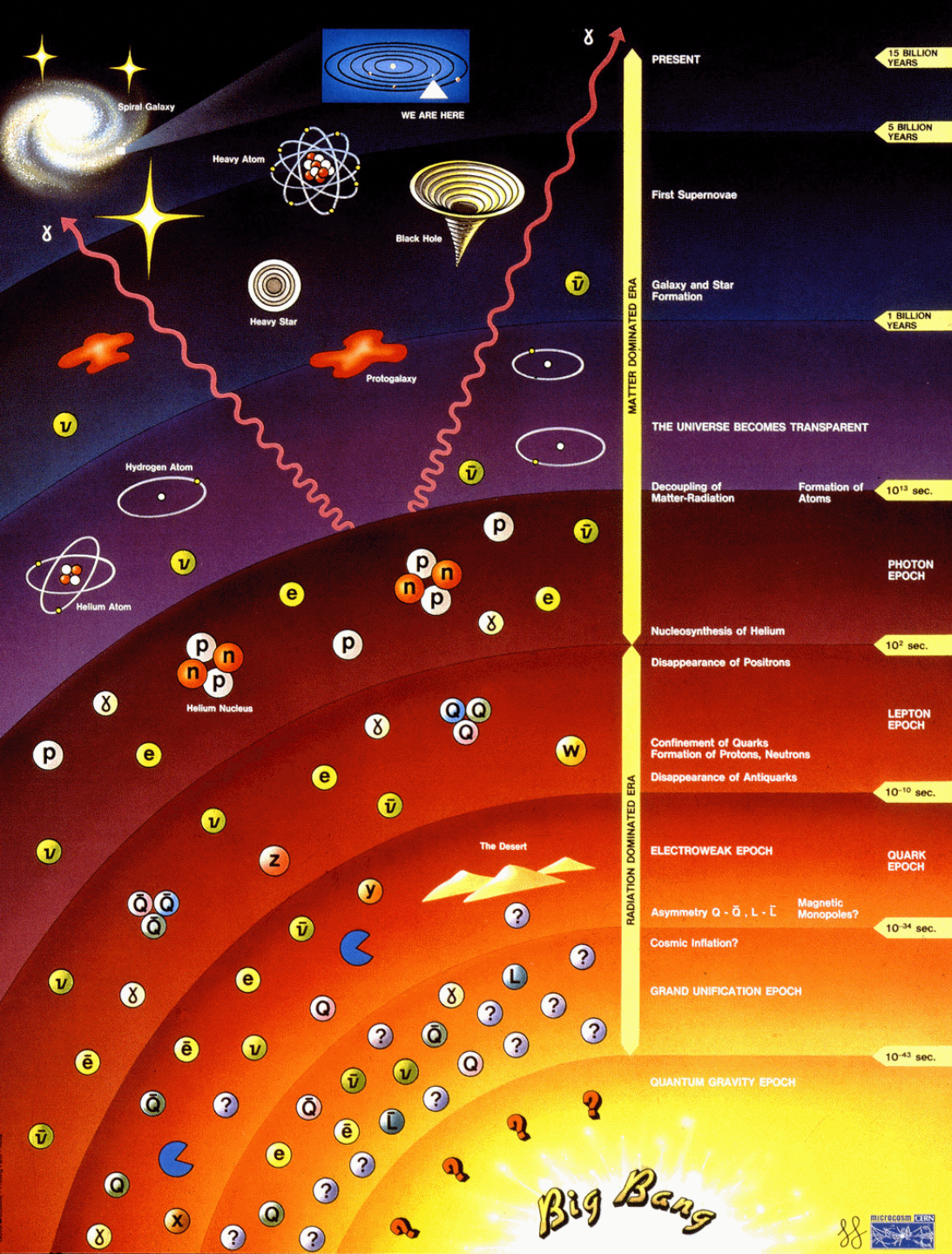
- Dosłowne traktowanie poglądowych opisów teorii (bez matematyki)
- Mechanicystyczny obraz fizyki

◆ Słaba znajomość filozofii i teologii

- Dosłowne traktowanie opisów biblijnych
- Mechanicystyczny obraz Boga

◆ Rzeczywistość jest dużo bardziej złożona

- Proste pytanie: „czy Wszechświat jest odwieczny, czy miał początek” może mieć trzecią odpowiedź ...



14 mld lat – człowiek
10 mld lat – Ziemia

200 mln lat – galaktyki

380 000 lat – atomy

3 minuty – jądra He

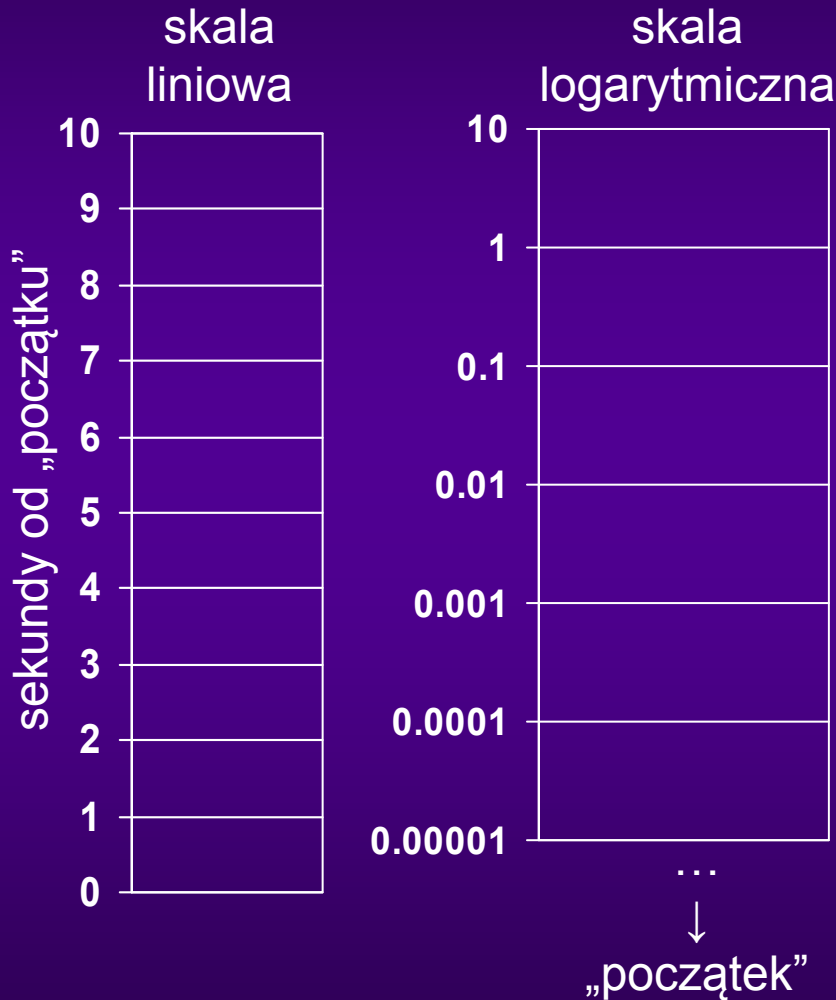
miliardowa s – protony

??? - kwarki

??? - ???

0 - ?!

Podróż do początku Wszechświata



Cofając się wstecz kolejne epoki trwają coraz krócej:

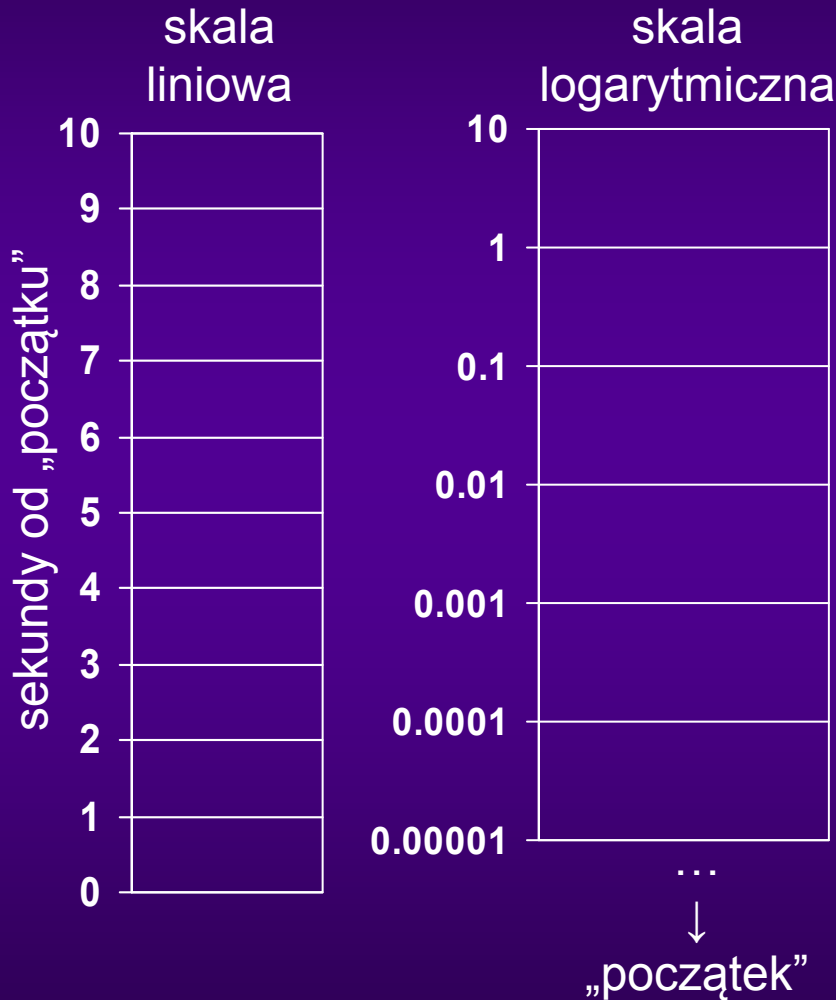
- 13 mld lat,
- 200 mln lat,
- 380 tys. lat,
- 3 minuty,
- miliardową sekundy,
- ...

a w każdej dzieje się tyle co w poprzedniej.

Ile jeszcze takich epok odkryjemy?

Czy ta hierarchia ma kres?

Pytanie o początek Wszechświata



Wszechświat jest odwieczny
czy miał początek?

Trzecia odpowiedź:

ma skończony wiek (14 mld lat),
ale jego początek wymyka się
nam w ciągu kolejnych, coraz
krótszych epok, gdzie samo
pojęcie początku traci sens.