

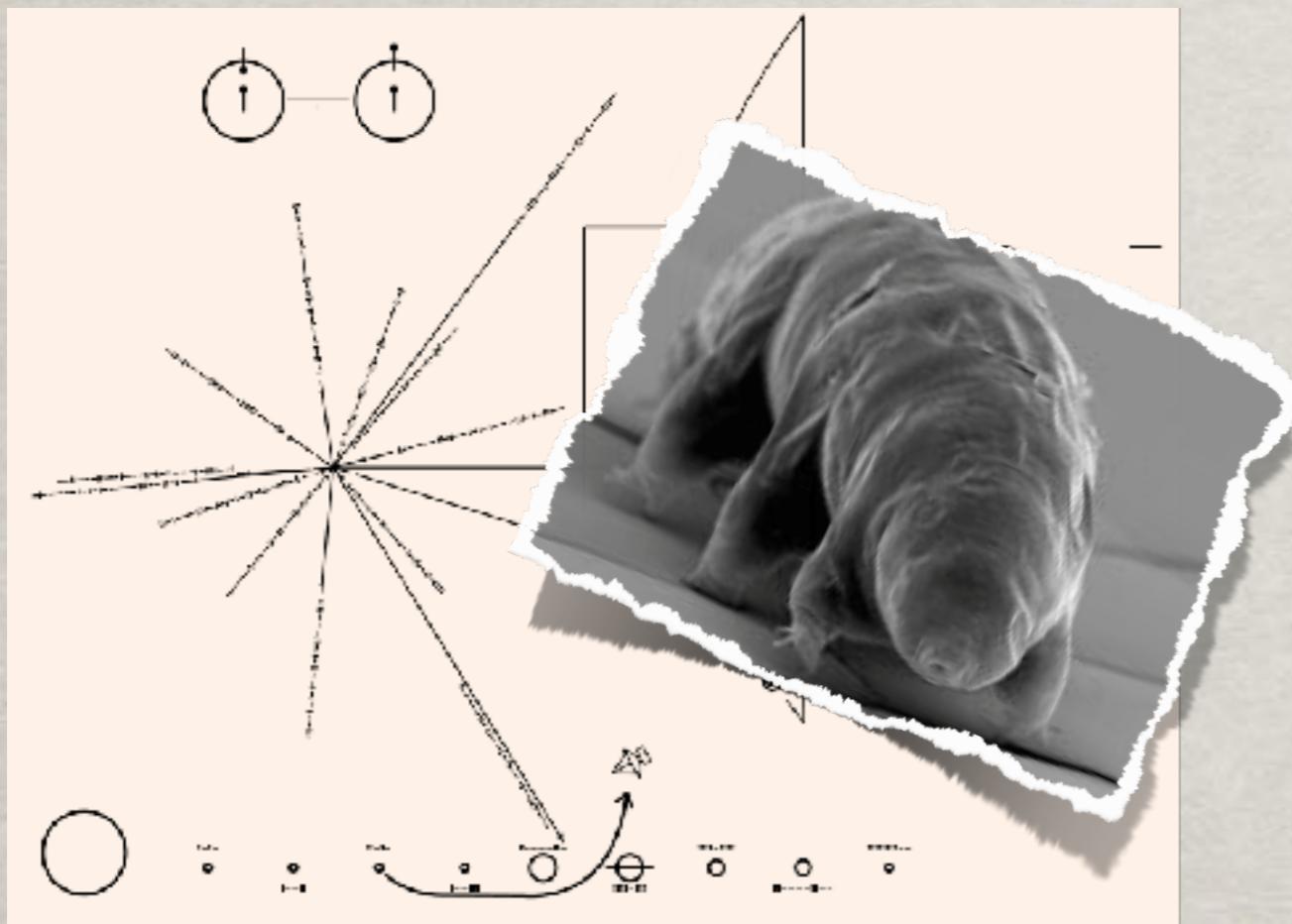
Z czego zbudowany jest WSZECHŚWIAT?

Andrzej Hryczuk

Uniwersytet Techniczny w Monachium

My

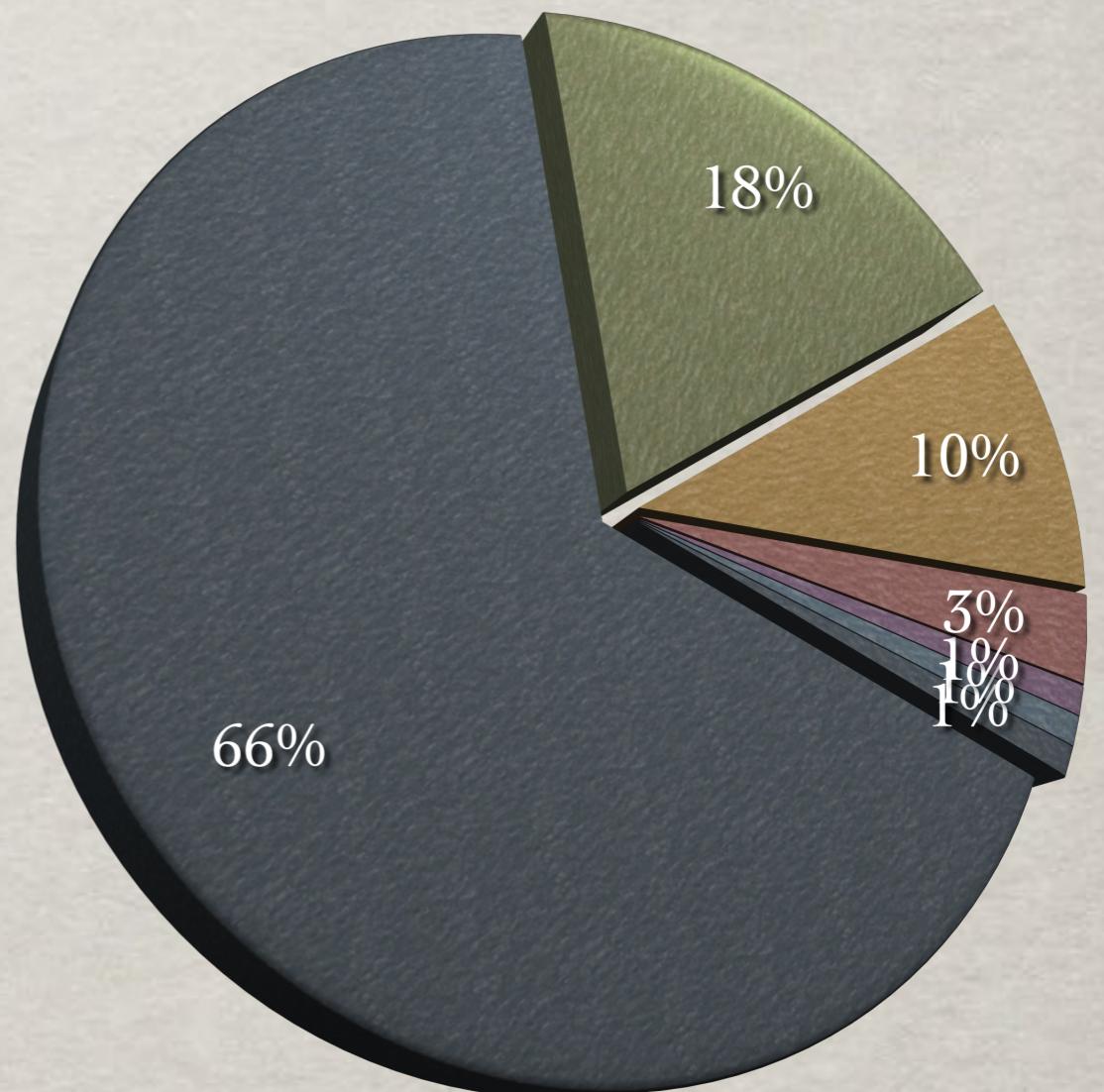
piersza informacja wysłana przez ludzi poza Układ Słoneczny



z misji Pioneer 10 i 11, lata 1972-73

- | | | |
|-------------|----------|----------|
| ● tlen | ● węgiel | ● wodór |
| ● azot | ● wapń | ● fosfór |
| ● pozostałe | | |

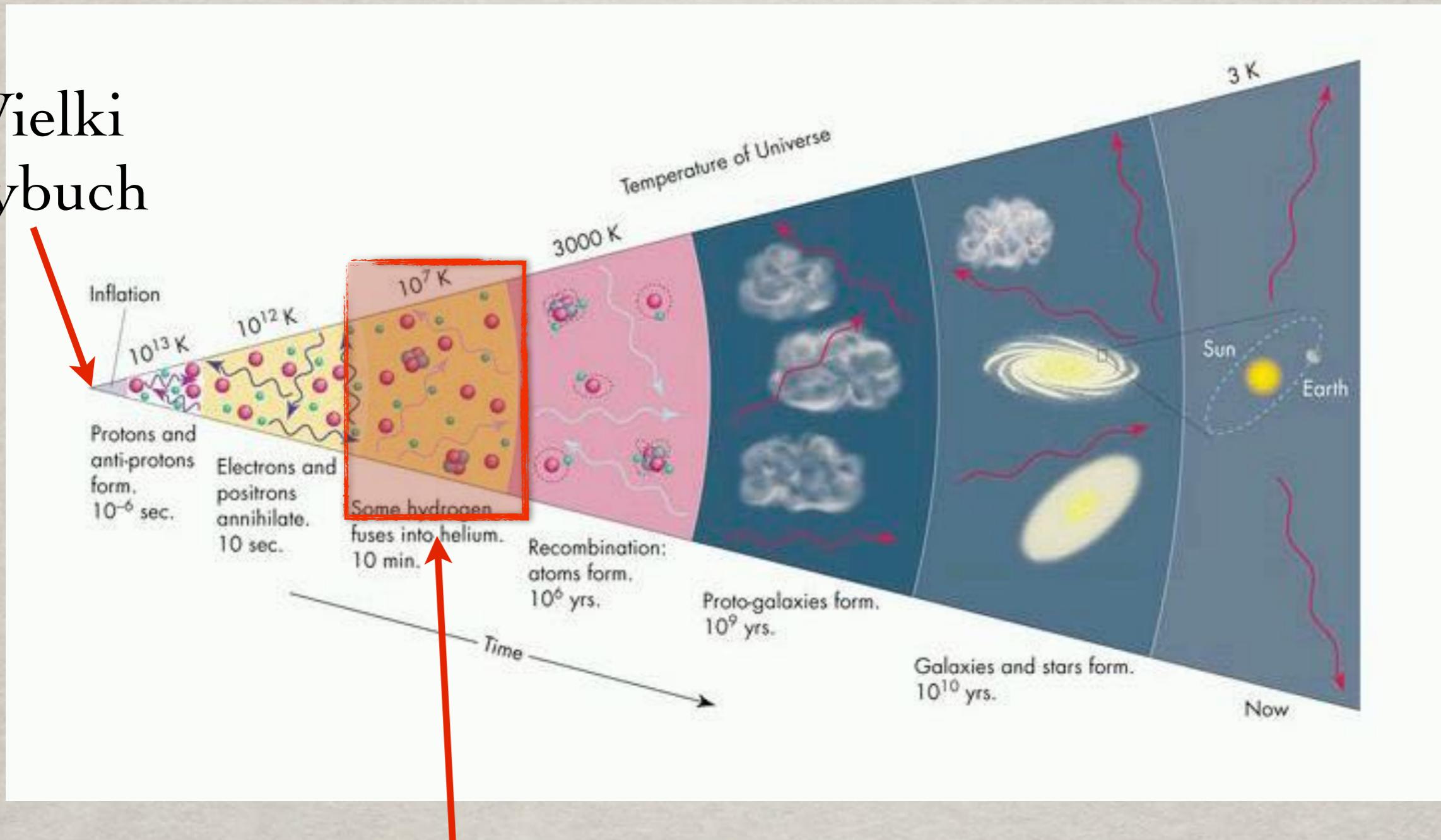
skład człowieka wg. masy



Jak powstały pierwiastki?

Krótką historia Wszechświata

Wielki Wybuch



powstają jądra atomowe: wodoru, helu, trytu, trochę litu i berylu... cięższych pierwiastków brak!

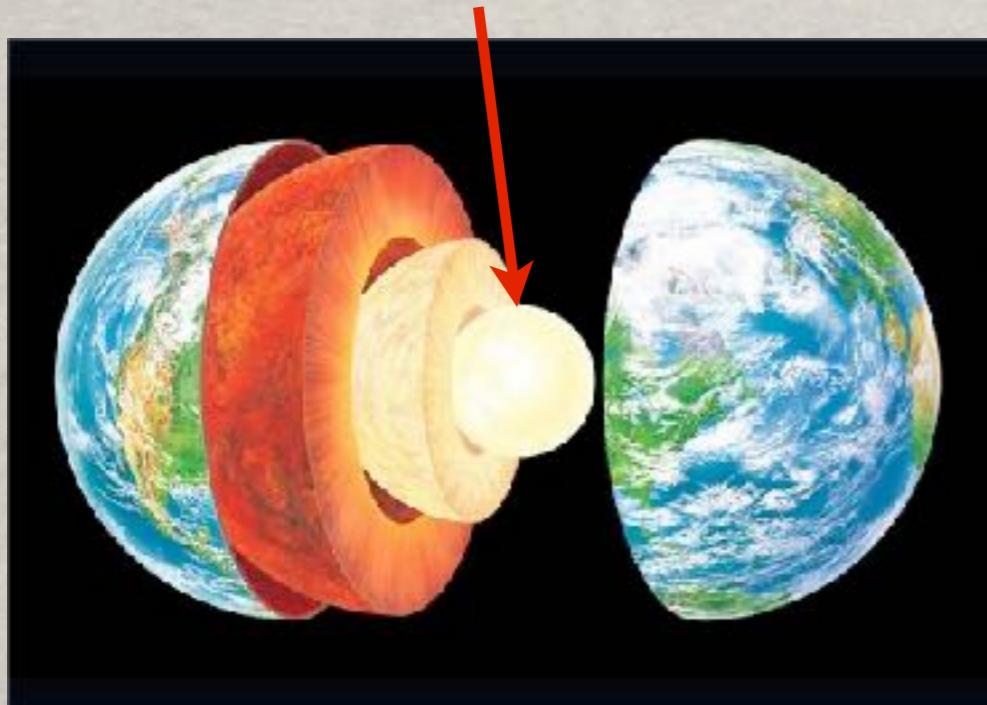
Może na Ziemi?

temperatura lawy ok. 1400°C



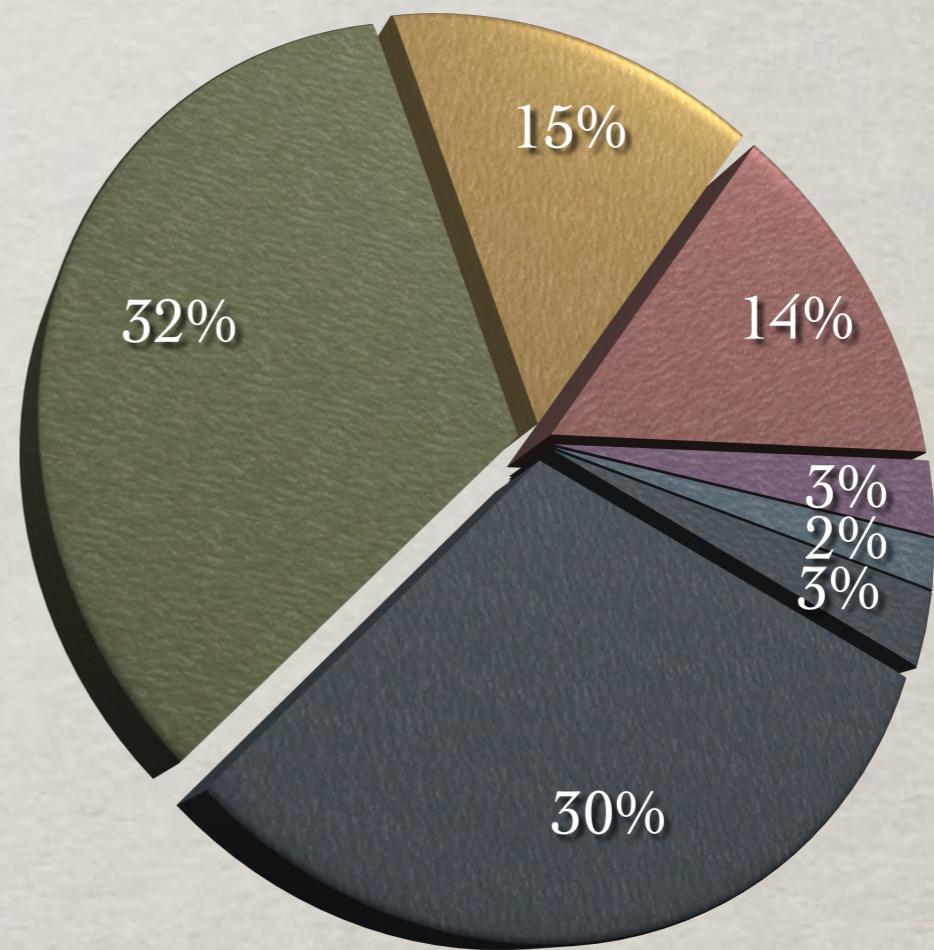
wulkan Tungurahua, Ekwador, zdj. P. Taschler

temperatura ok. 4000-7000°C, ciśnienie do 360 GPa



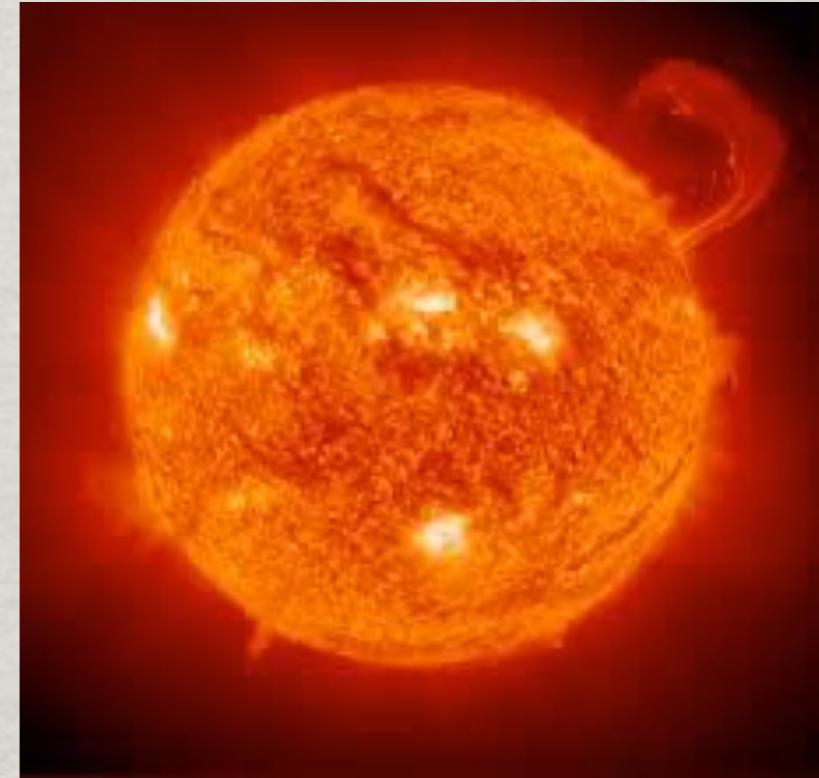
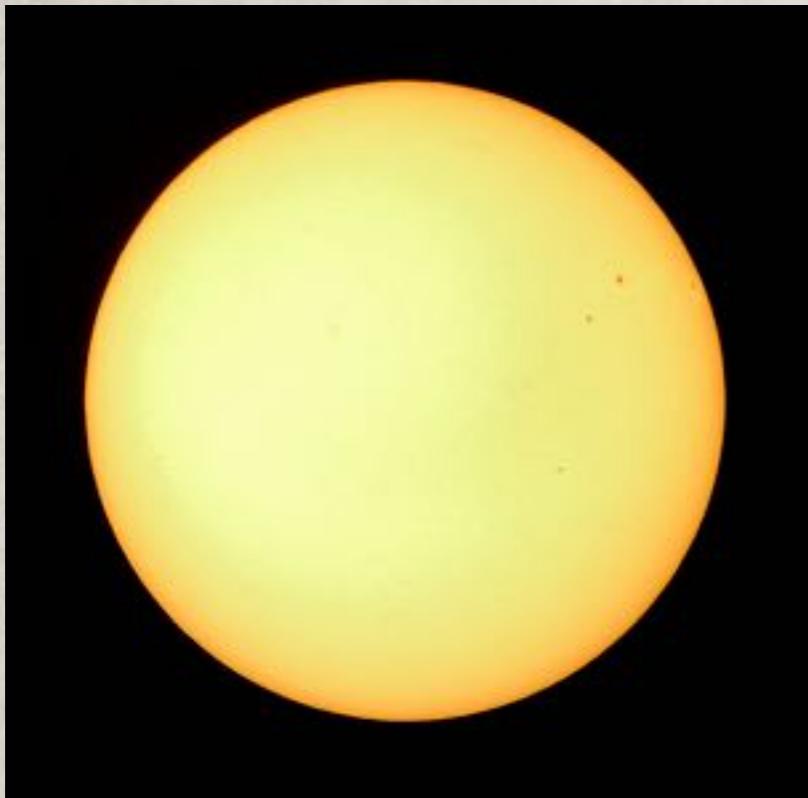
il. Gary Hincks

skład Ziemi wg. masy



- tlen
- żelazo
- magnez
- siarka
- pozostałe
- krzem
- nikiel

Może na/w Słońcu?



Temperatura powierzchni:
ok. 2 mln^oC

zbyt zimno! potrzeba co najmniej 100 mln^oC

Ponadto: wytworzone pierwiastki
uwięzione w środku

Temperatura wnętrza:
ok. 10 mld^oC

procesy wytwarzające C i O są bardzo rzедkie
(ok. 1% energii Słońca)



uwolnione dopiero po miliardach lat,
gdy zapadnie się jądro

By uwolnić wytworzone cięższe pierwiastki potrzebna jest eksplozja...



układ podwójny *Eta Carinae*, zdj. ESA/Hubble

... która dodatkowo pozwala na syntezę trochę cięższych pierwiastków, aż do żelaza

A dark, star-filled space background featuring a prominent, bright central star. The star is surrounded by a subtle, glowing halo of light. Numerous smaller stars of varying brightness are scattered across the dark void.

ESA/Hubble, L. Calçada

pozostałości po supernowej N63A,
konstalacja Złotej Ryby; ESA/Hubble



Jedynie dzięki takim wydarzeniom w historii Wszechświata mogą powstać duże ilości tlenu i węgla...

Żyjemy tylko dzięki gwiazdom, które w tak spektakularny sposób zakończyły swoje życie. Jesteśmy potomkami niezwykłych gwiazd - supernowych

Dygresja - a skąd się wzięło złoto?

Już synteza żelaza ^{26}Fe jest trudna, a co dopiero złota ^{79}Au
➡ nawet supernowa może okazać się niewystarczająca

...jednak raz na ok. 100tyś lat w galaktyce wielkości Drogi Mlecznej:



NASA/Dana Berry



10 000 000 000 000 000 000 000 000 \$

więcej na blogu „Naturalnie”, 3.8.2013

Galaktyki!

Wszechświat jest niezwykle pustym miejscem...
jedynie ok. 5 atomów na m³

100 000 000 000
galaktyk

Jak to się stało, że część materii zapadła się i
utworzyła galaktyki?

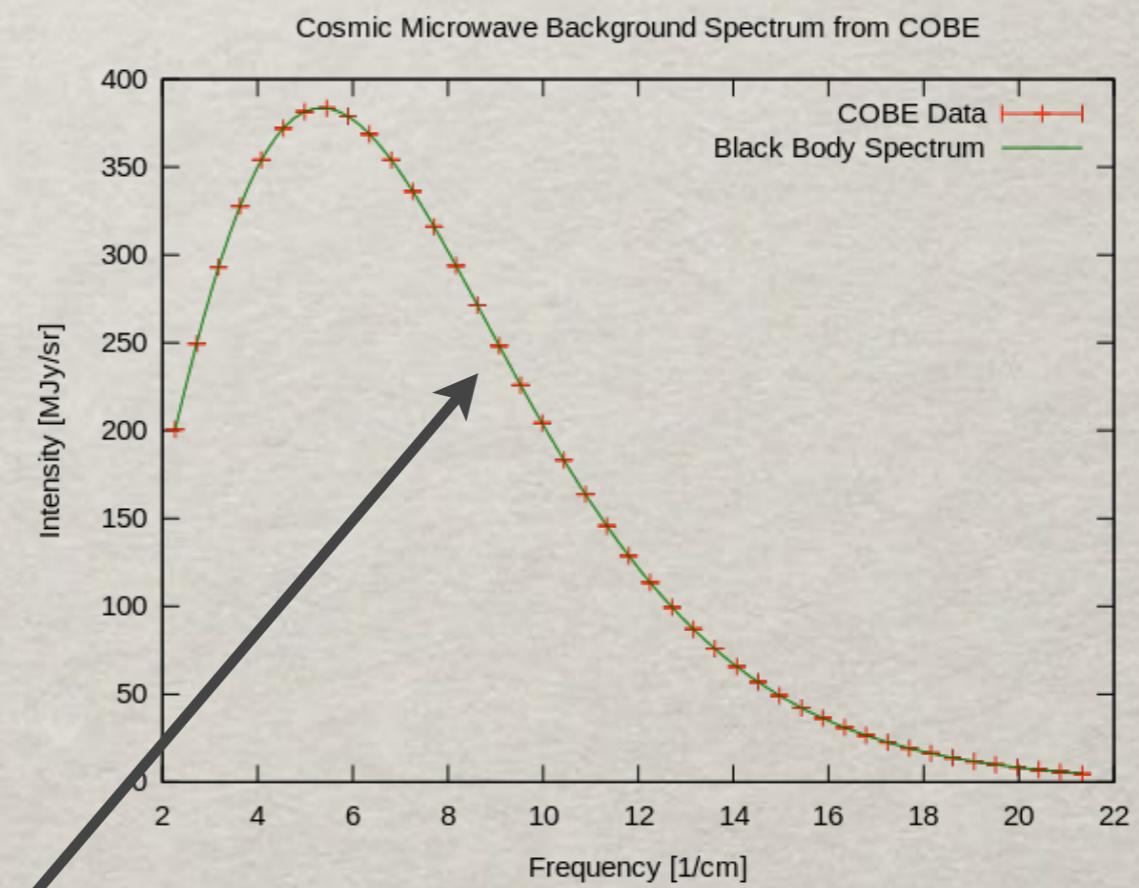
teoria Stanisława Lema: wszystko przez
laboranta Alojzego Kupę....

Tajemnicze tło Wszechświata (1964)



Arno Penzias i Robert Wilson

1978



idealne widmo ciała doskonale czarnego o $T=2.73$ K

1957...

Denisse, Lequeux, Le Reux;
opublikowany artykuł



fragment o interpretacji
promieniowania tła usunięty z
artykułu za sugestią promotora

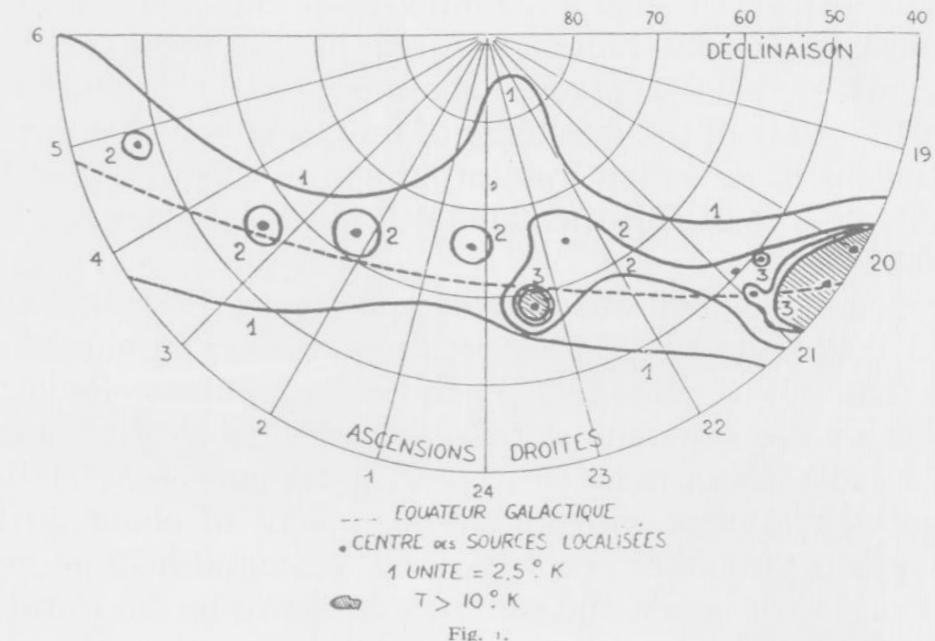


Emile Le Reux;
praca doktorska



SÉANCE DU 17 JUIN 1957.

RADIOASTRONOMIE. — *Nouvelles observations du rayonnement du Ciel sur la longueur d'onde 33 cm. Note de MM. JEAN-FRANÇOIS DENISSE, JAMES LEQUEUX et ÉMILE LE ROUX, présentée par M. André Danjon.*



Rayonnement du Ciel. — En dehors des régions que l'on vient de décrire, la brillance du Ciel paraît uniforme. Son rayonnement est difficile à mesurer car on l'observe superposé aux émissions beaucoup plus intenses de l'environnement et au bruit propre du récepteur. Nos mesures ont toutefois permis de montrer que la température de brillance du Ciel est inférieure à 3°K et que ses variations d'un point à un autre sont inférieures à 0,5°K.

Reproduction of page 50 of (Leroux's thesis).

En résumé, on a trois équations donnant T_c :

$$(25) \quad \begin{aligned} v_0 = 0 \quad 137 &= 138 - 0,485 T_c \longrightarrow T_c = 2^{\circ}\text{K} \\ v_0 = 5 \quad 50 &= 51,3 - 0,485 T_c \longrightarrow T_c = 2,7^{\circ}\text{K} \\ v_0 = -3 \quad 215 &= 218 - 0,77 T_c \longrightarrow T_c = 3,9^{\circ}\text{K}. \end{aligned}$$

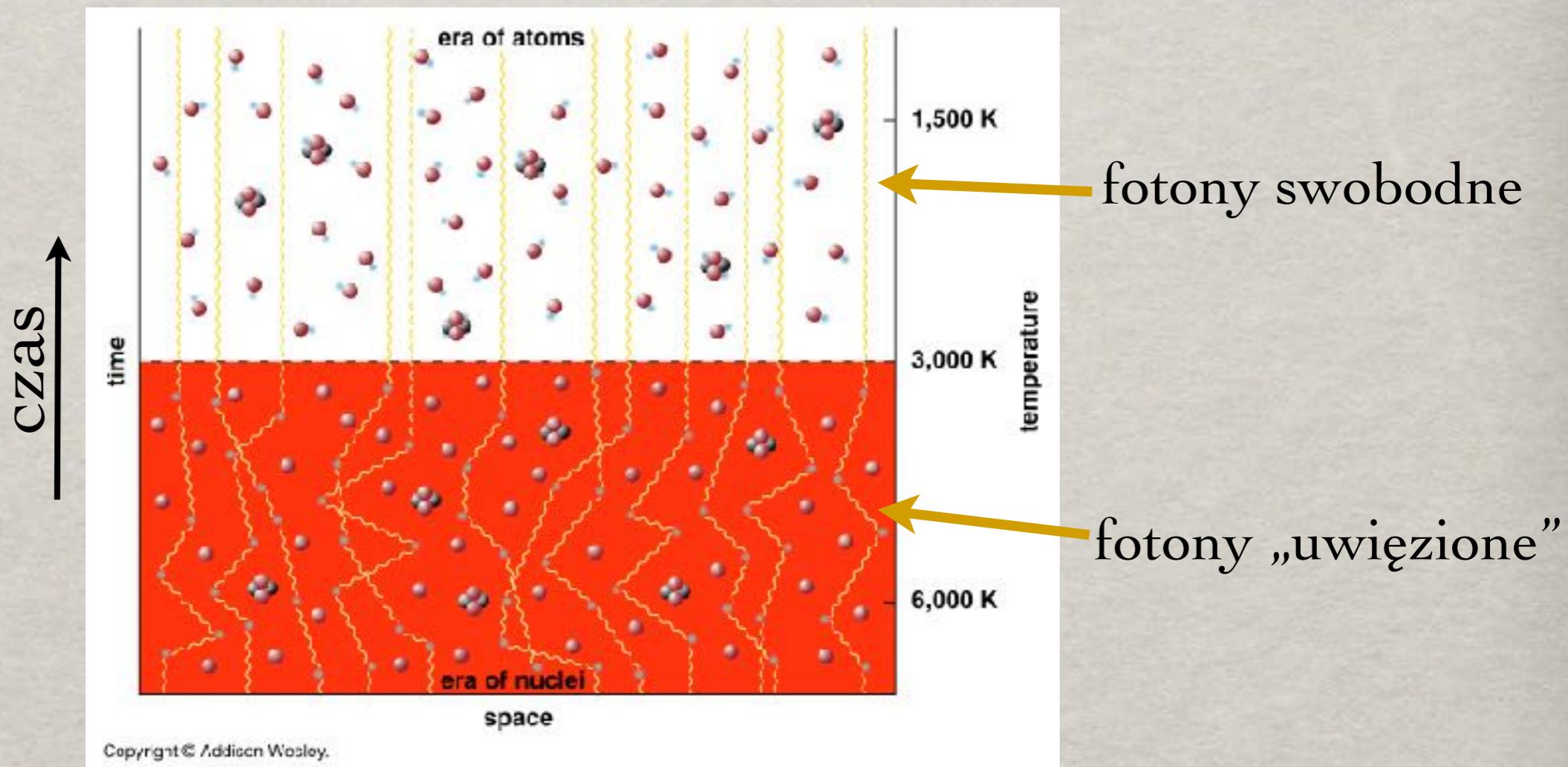
En fait, on devrait déduire, de plusieurs équations de ce genre, les coefficients $1/k$, ρ , ρ' , ρ'' et T_c . Mais la bonne cohérence des valeurs obtenues pour T_c montre que les valeurs prises pour ces coefficients sont correctes avec une bonne approximation. Si on diminuait le coefficient $1/k$ on obtiendrait des valeurs négatives pour T_c , quelles que soient les valeurs prises pour ρ' et ρ'' qui interviennent de façon différente dans les 3 équations précédentes, le coefficient ρ' intervenant notamment de façon opposée dans les deux dernières équations. De même, une augmentation de $1/k$ de quelques pour cent donnerait des valeurs de T_c incohérentes. Enfin, un coefficient de réflexion du sol non nul donnerait $T_c < 0$.

Il est difficile de déterminer l'erreur sur cette valeur de T_c , basée sur la cohérence de différentes mesures. Nous pensons que l'erreur absolue doit être de l'ordre de 2°K, en prenant :

$$T_c = 3^{\circ}\text{K}$$

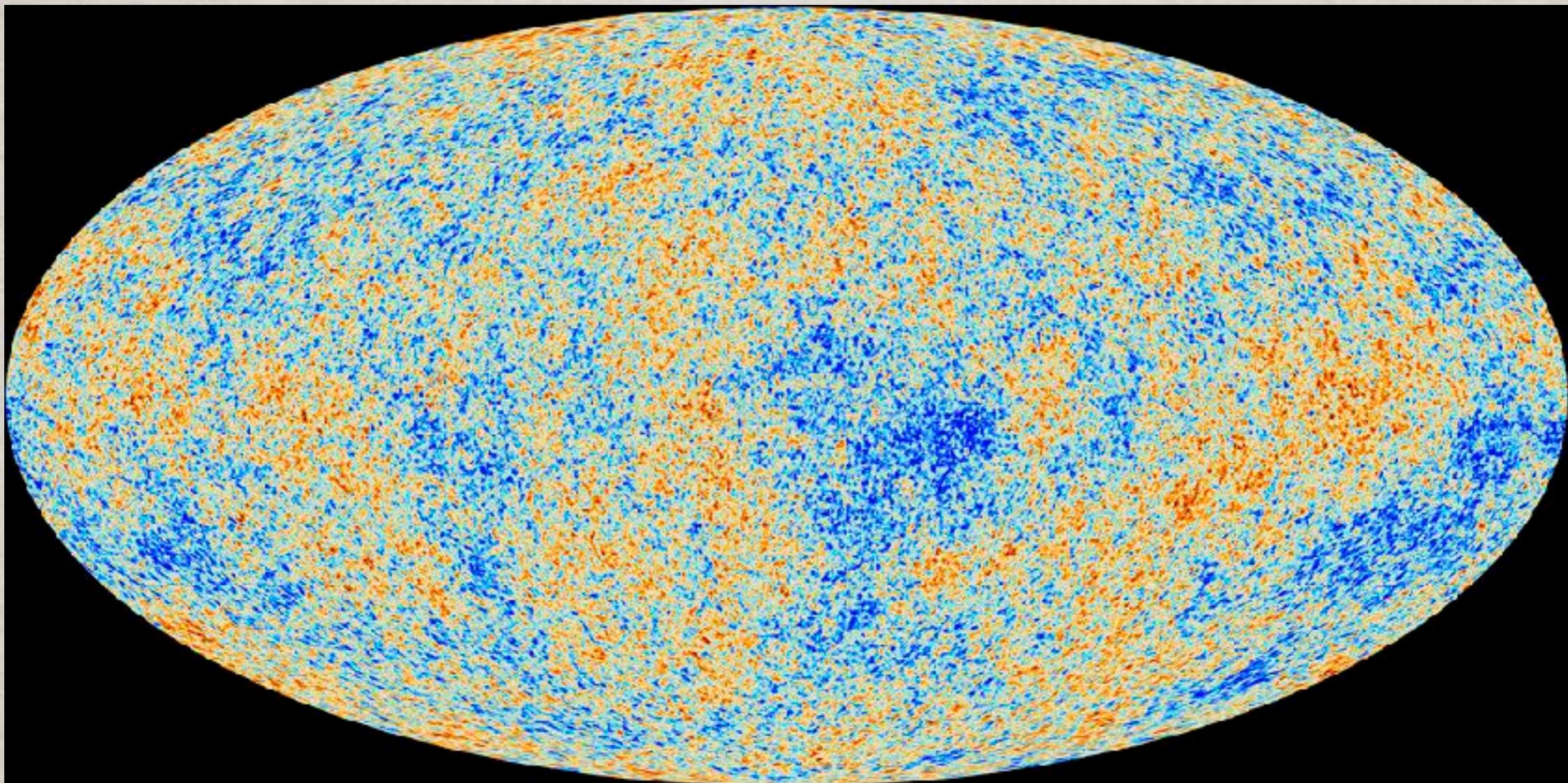
Promieniowanie mikrofalowe tła

Również gorąco, ale mniej: energia fotonów spada na tyle, że elektrony wiążą się z jądrami tworząc atomy



Gorąco: jądra atomowe nie mogą utrzymać przy sobie elektronów, gdyż co chwilę wybijają je fotony

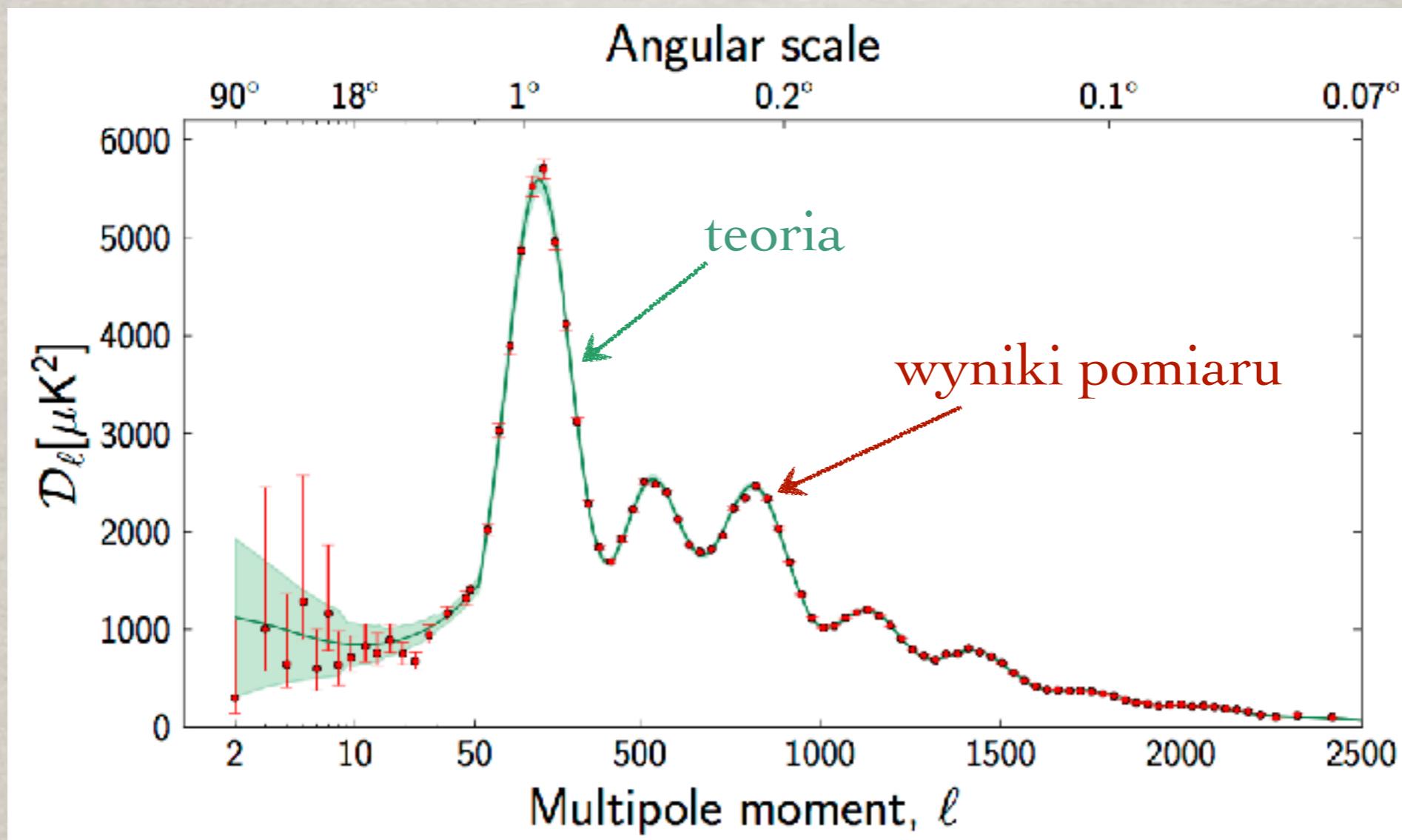
Pierwszy obraz Wszechświata



wynik obserwacji satelity PLANCK

Kolory odpowiadają temperaturze: zimne i ciepłe
... jednak różnica między nimi to jedynie ok. 0.0001 K

Jak „zważyć” Wszechświat?

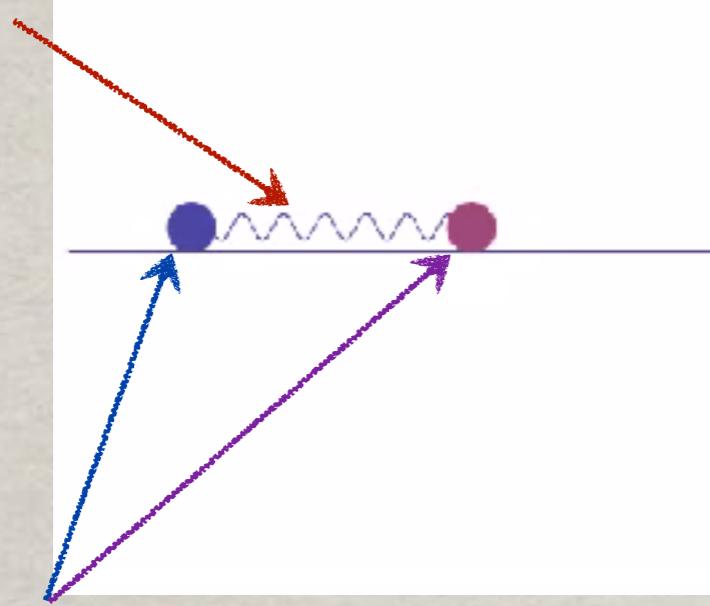


PLANCK, arXiv:1303.5062

Tzw. rozkład anizotropii (niejednorodności względem kierunku obserwacji)

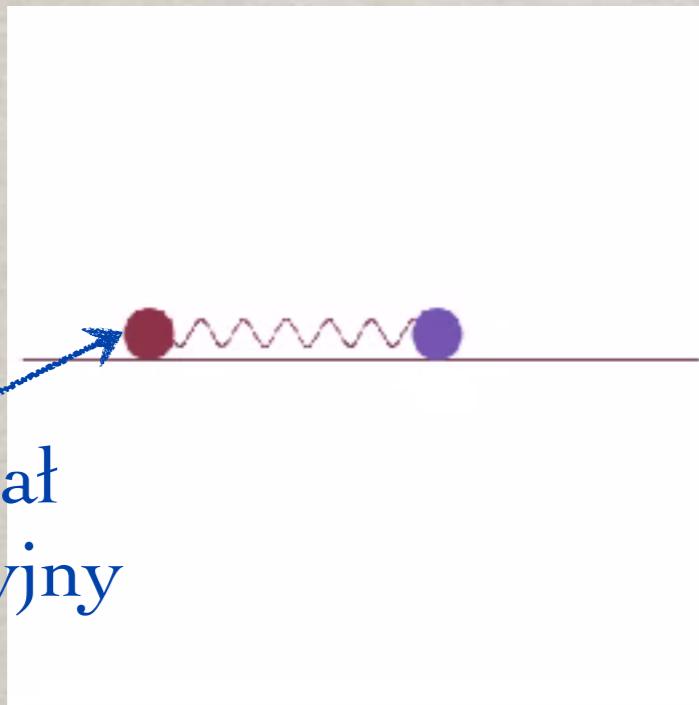
Model - zabawka

ciśnienie gazu

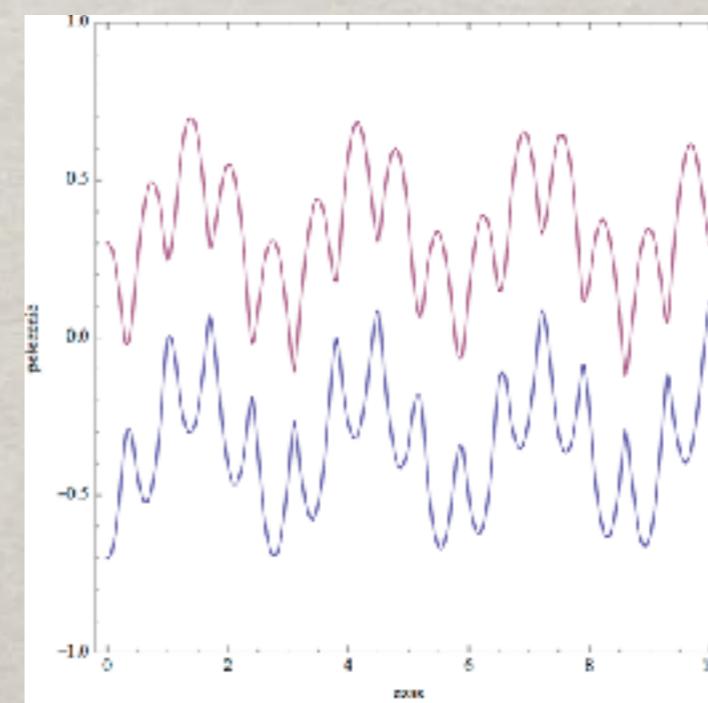
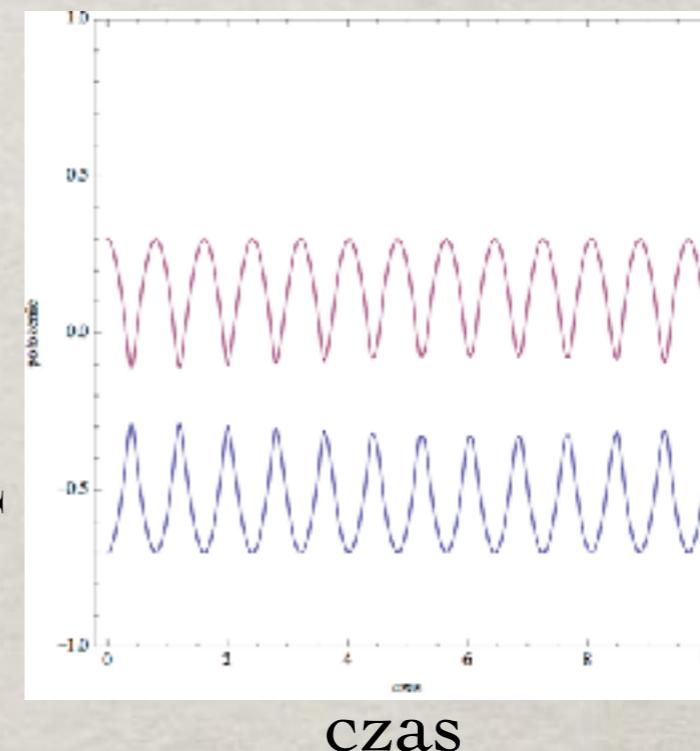


skupiska masy

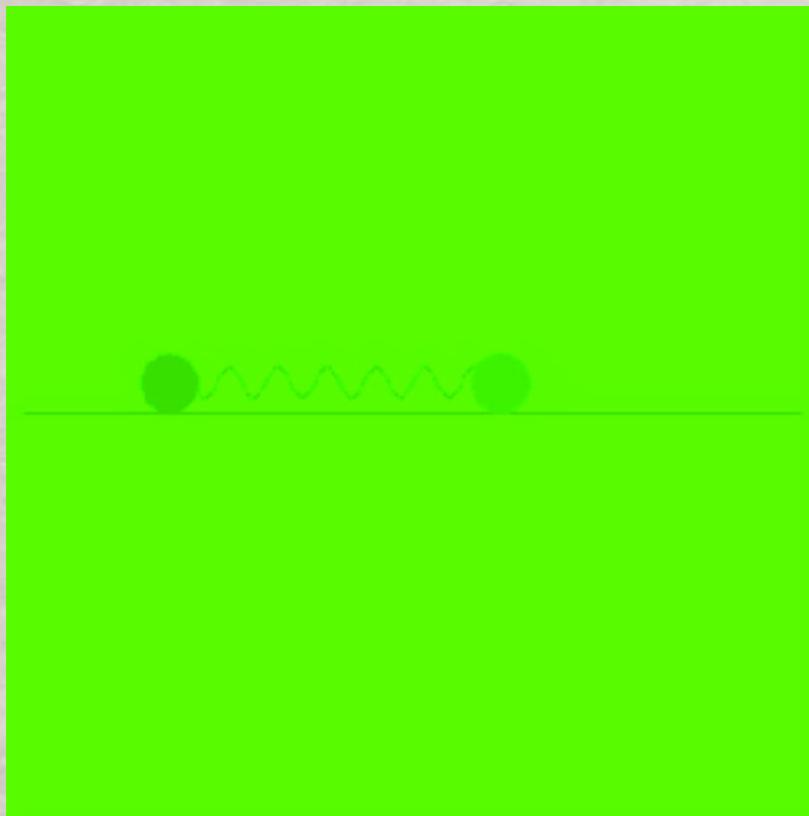
potencjał
grawitacyjny



położenie



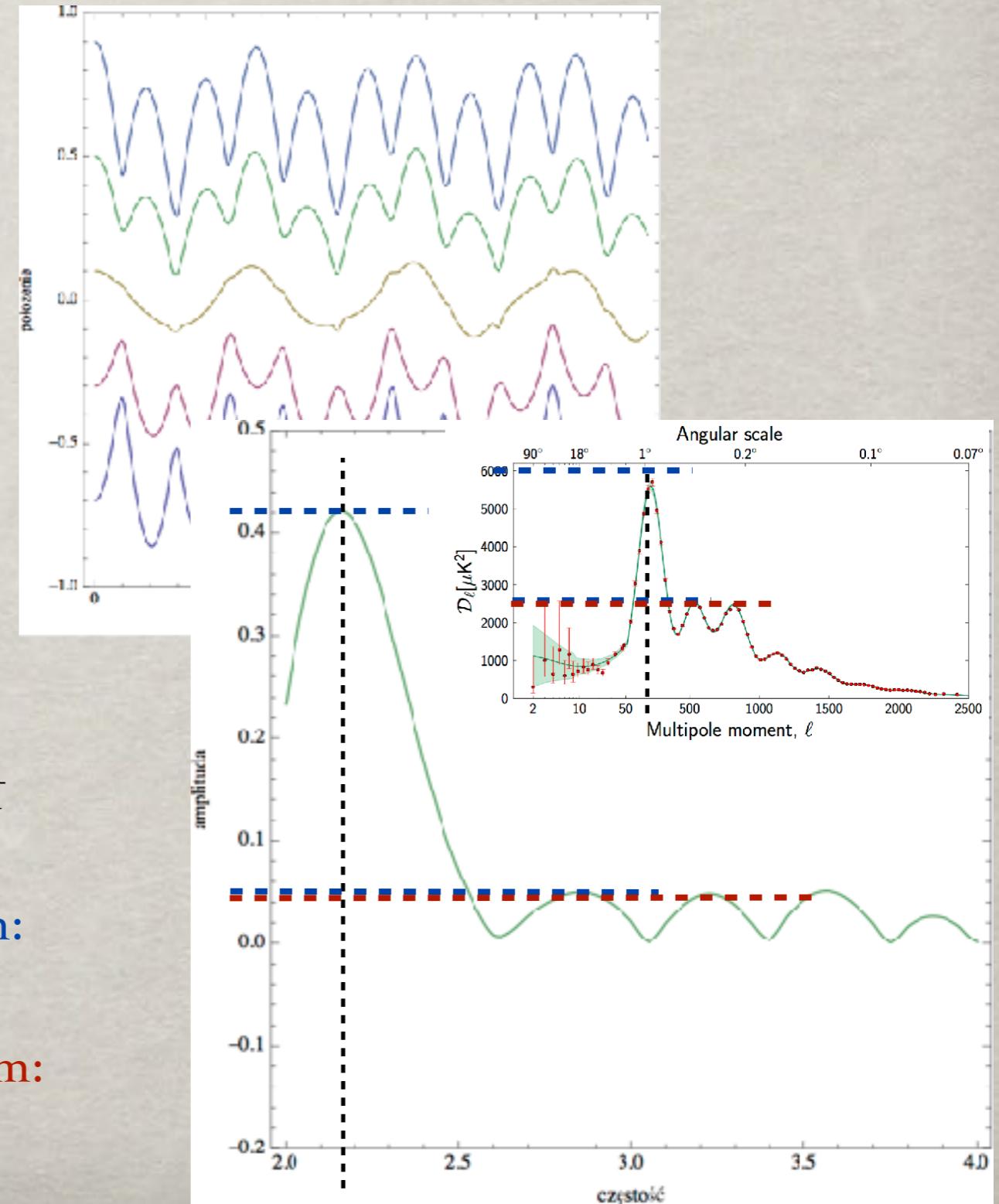
Przypadek trochę bliższy rzeczywistemu...



Położenie #1 maksimum:
stała Hubble'a $\rho_c = \frac{3H_0^2}{8\pi G_N}$
→ rozmiar i masa Wszechświata

Stosunek wysokości #2 do #1 maksimum:
masa wszystkich barionów

Stosunek wysokości #3 do #1 i 2 maksimum:
masa materii niebarionowej



Wyznaczone parametry Wszechświata

Wiek: 13.784 mld lat

(Stała Hubble'a: 67.80 ± 0.77 km/s/Mpc)

Rozmiar: 46.6 mld lat świetlnych

(Gęstość: 8.72×10^{-26} kg/m³)

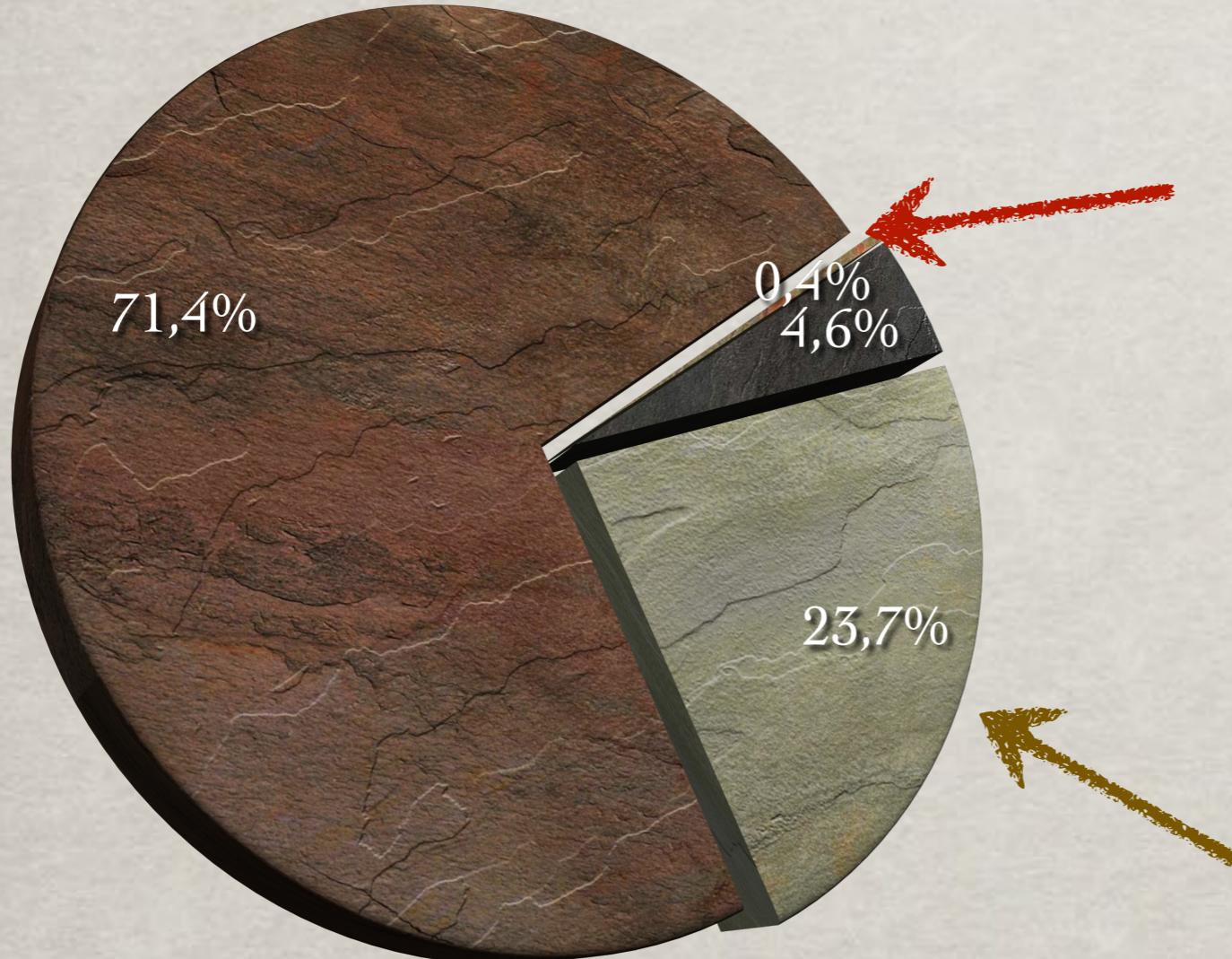
Masa: 1.46×10^{53} kg

(Liczba gwiazd: ok 10^{22-24})

Skład: ...?

Ciemna materia

bilans energetyczny Wszechświata



wszystkie galaktyki,
gwiazdy i planety!

nowa, nieznana
materia!!

- gwiazdy, planety
- gaz międzygalaktyczny
- ciemna energia
- “ciemna materia”

Symulacja komputerowa Wszechświata

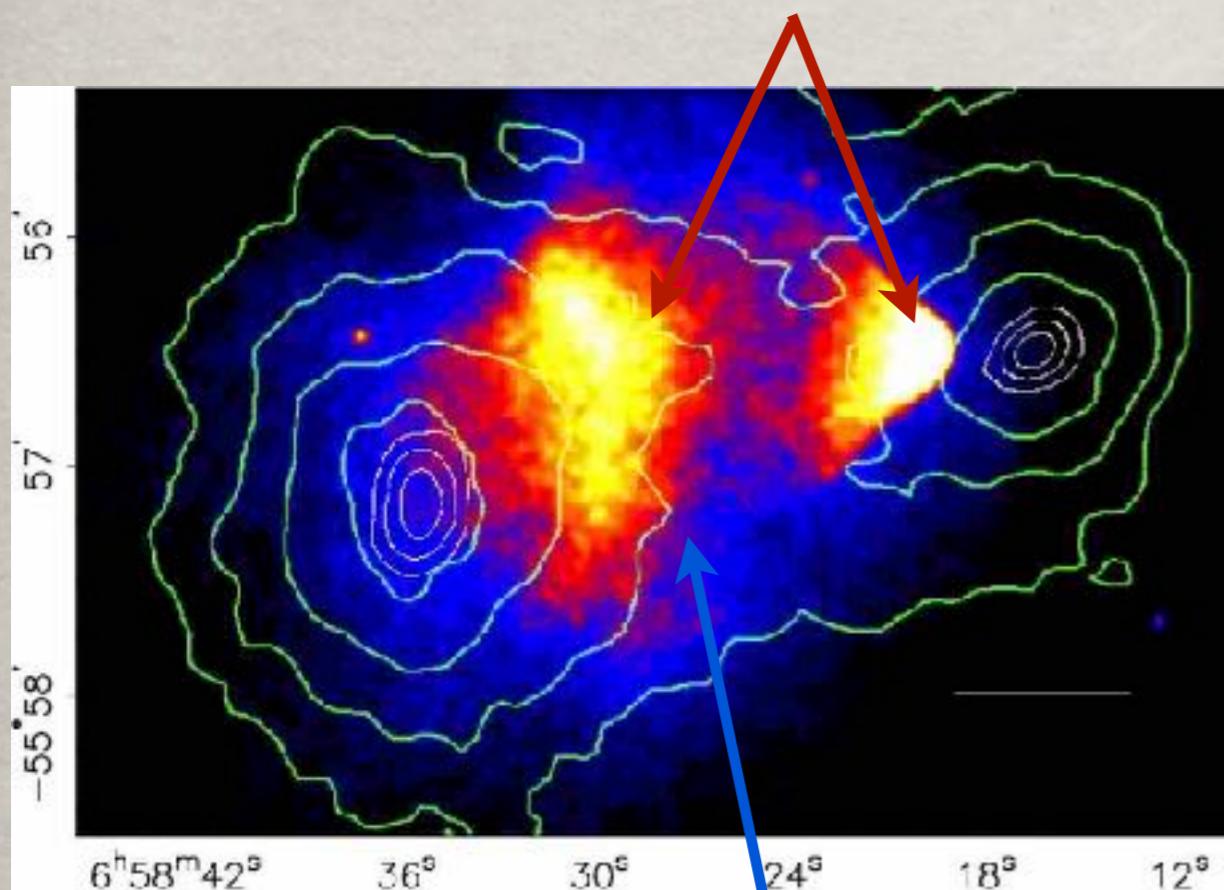


liczba cząstek:	2160x2160x2160
rozdzielcość:	1 mld mas Słońca
czas pracy superkomputera:	ok. 1 miesiąc

symulacja „Millenium”
konsorcjum Virgo, 2005

Gromada „Pocisk” - *Corpus delicti*

Zderzenie dwóch gromad galaktyk

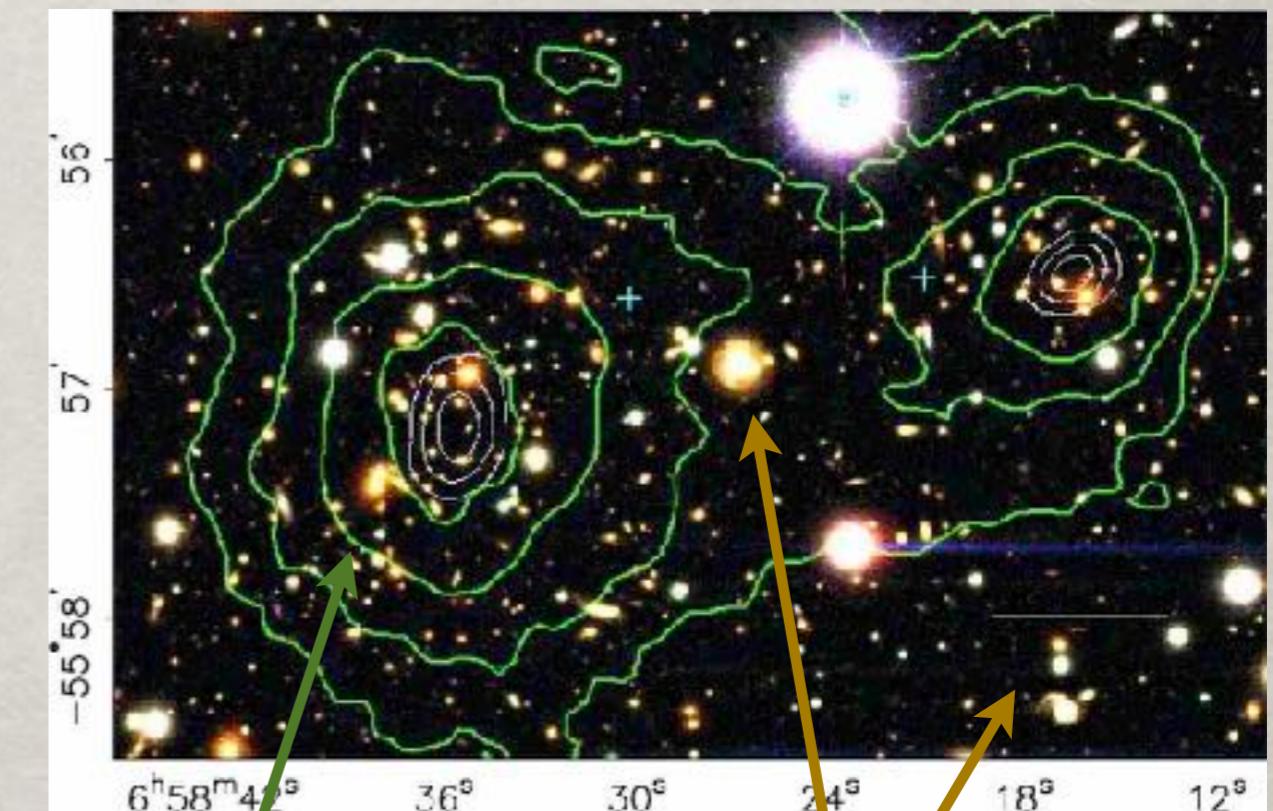


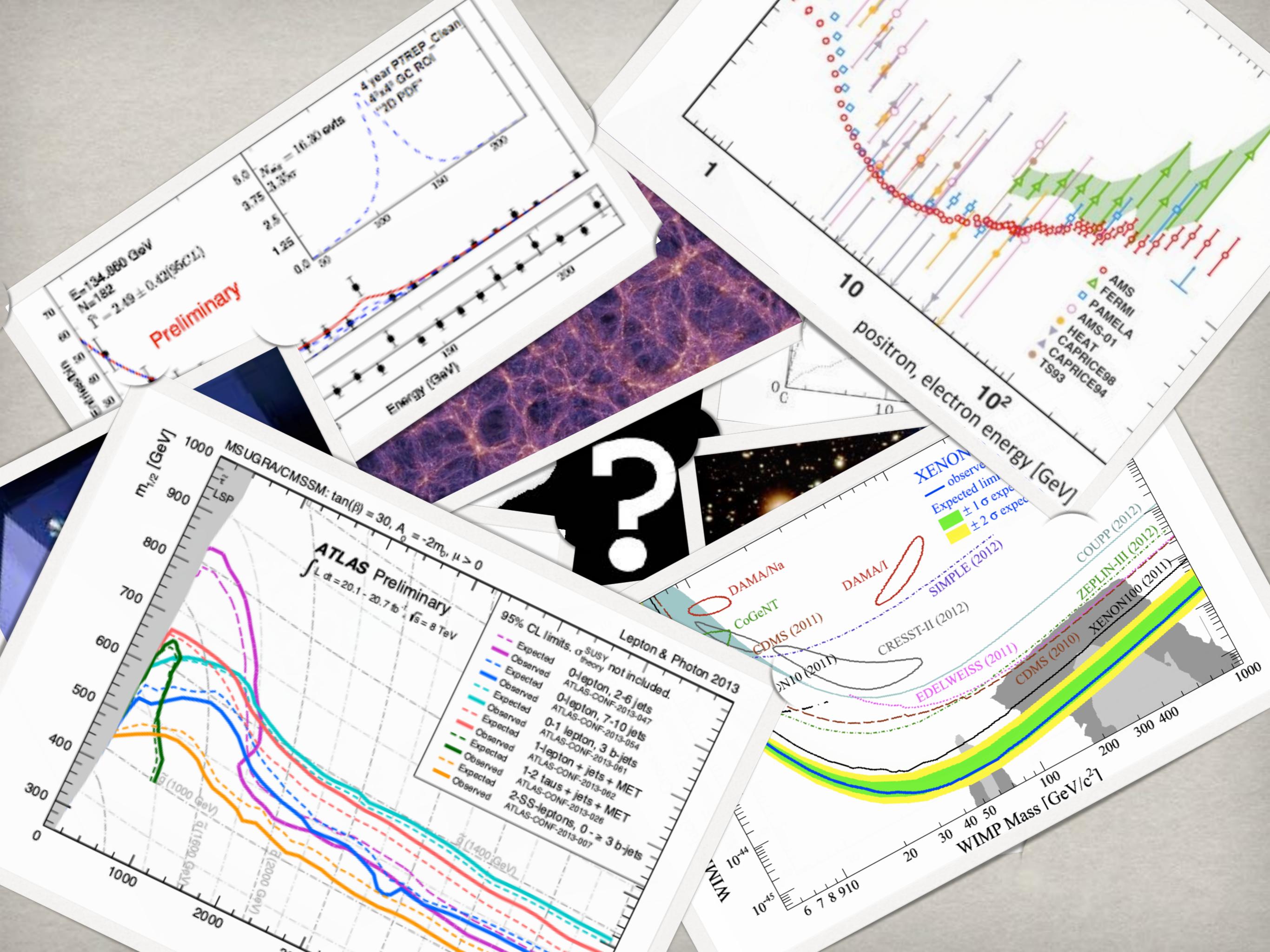
D. Clowe, et al., *Astrophys.J.* 648 (2006) L109–L113

gaz międzygalaktyczny

kontury
rozkładu masy

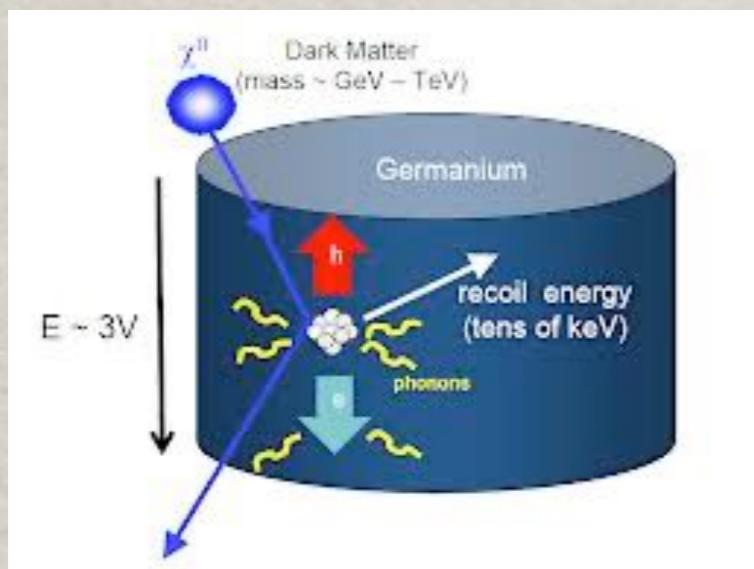
galaktyki





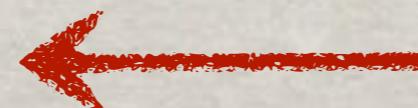
Poszukiwania ciemnej materii

Detekcja bezpośrednia



częstka ciemnej materii
uderza w detektor,
wzbudza jądro (np.
Ge,Na,Xe,...)

taki proces może zostać zmierzony!



detektory muszą być
niezwykle precyzyjnie
zbudowane

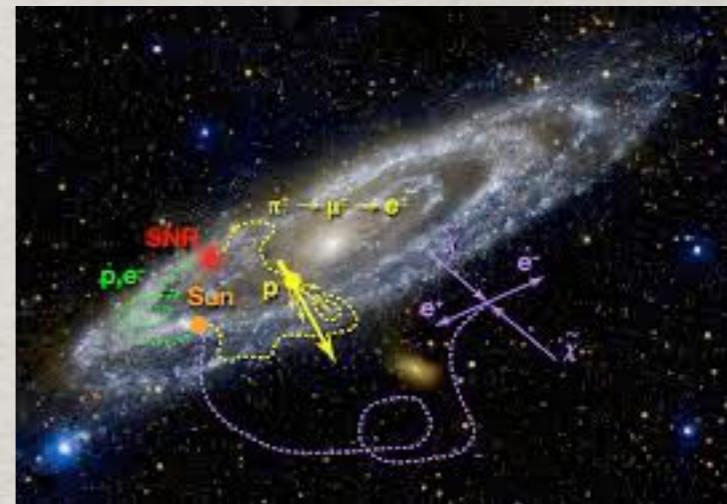
kryształ detektora

Poszukiwanie ciemnej materii

ciemna materia może też zostawiać sygnał w kosmosie, w postaci promieniowania kosmicznego czy gamma



Detekcja nie-bezpośrednia



sygnału szuka się w detektorach umieszczonych na satelitach



satelita *Fermi*

Lista eksperymentów...

Direct Dark Matter Search

ArDM	ANALIS	CASPAR	CDMS	COUPP	CRESST
CUORE	DAMA	DEAP/CLEAN	DM-TPC	Drift	Edelweiss
Genius	HDMS	IGEX	LIBRA	MIMAC	Majorana
NAIAD	NEWAGE	ORPHEUS	Picasso	ROSEBUD	SIMPLE
UKDMC	Ultima	XENON	XMASS	WARP	Zeplin

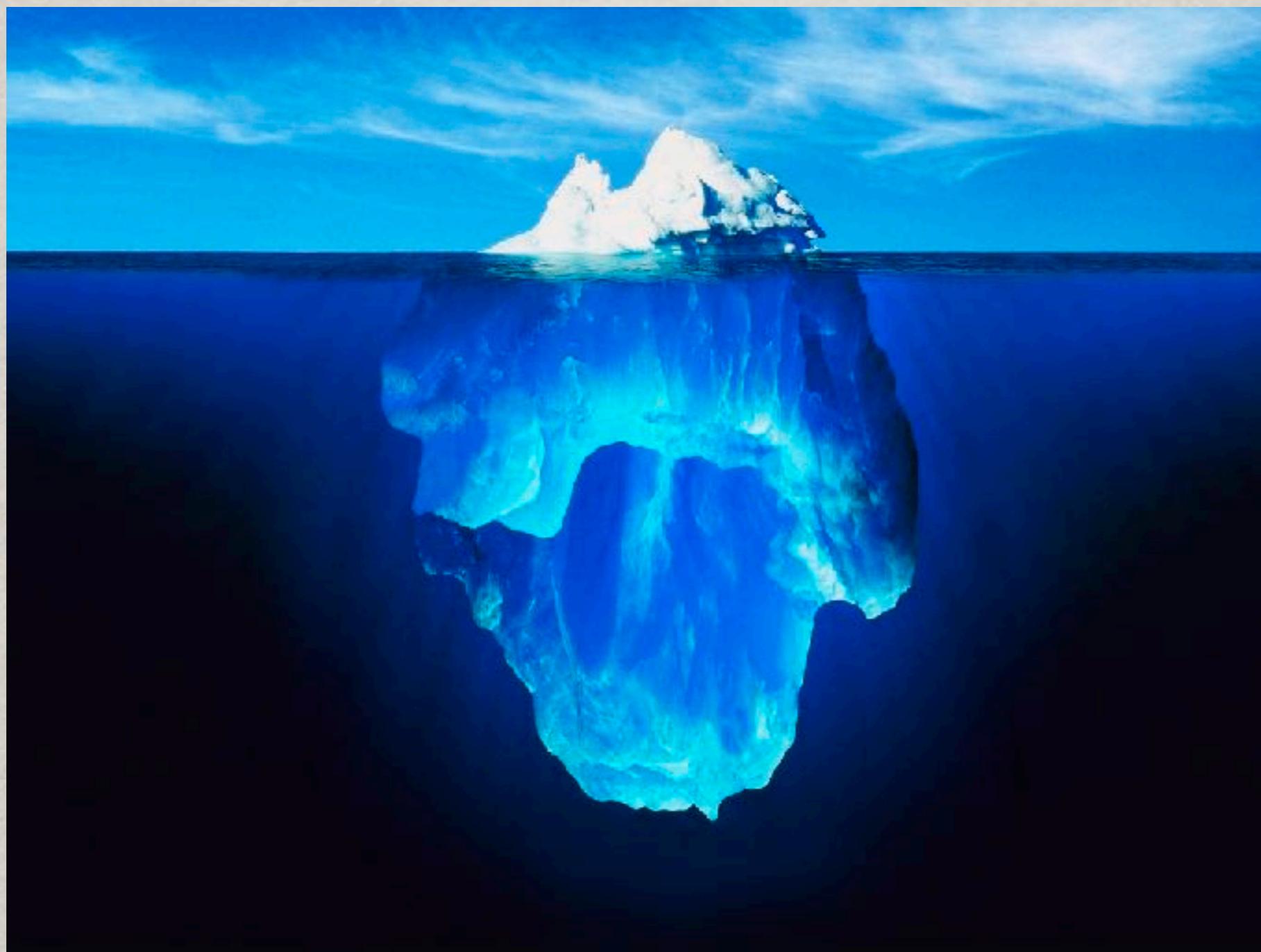
Indirect Dark Matter search

AMANDA	AMS	ANTARES	BAIKAL
BESS	CAPRICE	GAPS	GLAST
HEAT	IceCube	IMAX	MACRO
Nestor	NINA	Pamela	Super-K

... jest dość długa → poszukiwania są bardzo aktywne

W wielu pracach uczestniczą naukowcy z Polski
choć niestety brakuje jeszcze eksperymentu stworzonego w Polsce

Czubek góry lodowej?

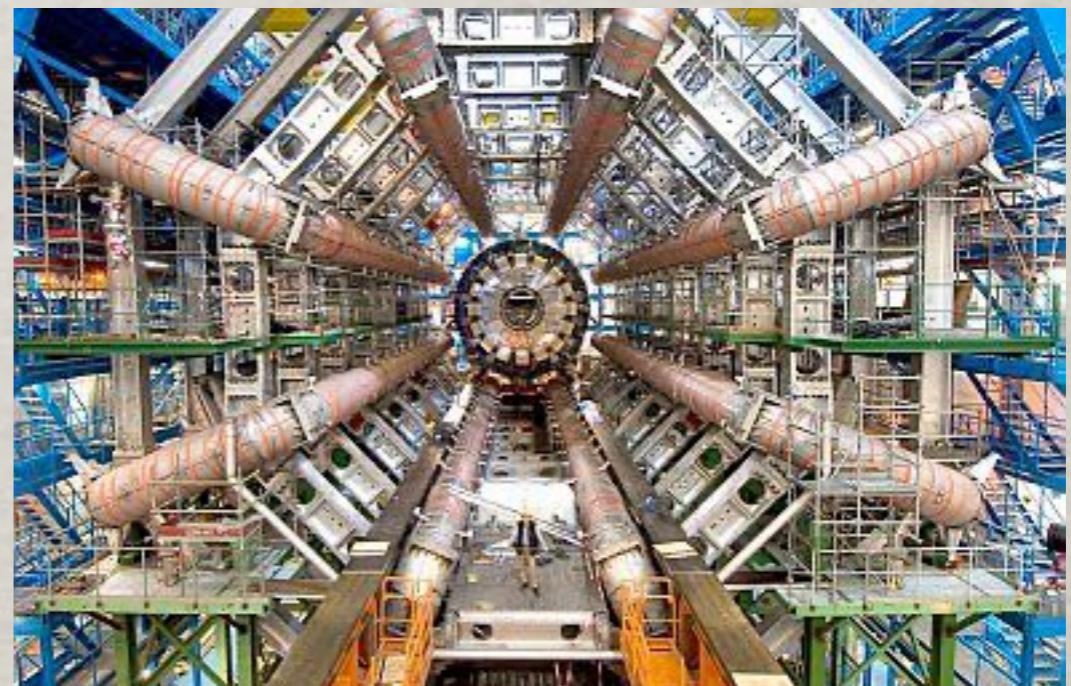


zdj. Ralph Clevenger.

Znaczenie dla fizyki cząstek

Fermiony			Bozony		
u górny $\frac{2}{3}$ $2.3 \text{ MeV}/c^2$	c powabny $\frac{2}{3}$ $1.27 \text{ GeV}/c^2$	t szczytowy $\frac{2}{3}$ $173.5 \text{ GeV}/c^2$	γ foton 1 0	Z^0 bozon Z 0 1	
d dolny $-\frac{1}{3}$ $4.8 \text{ MeV}/c^2$	s dziwny $-\frac{1}{3}$ $93 \text{ MeV}/c^2$	b spodni $-\frac{1}{3}$ $4.2 \text{ GeV}/c^2$	g gluon 1 0	W^\pm bozon W ± 1 1	
e elektron $-\frac{1}{2}$ $0.511 \text{ MeV}/c^2$	μ mion $-\frac{1}{2}$ $105.7 \text{ MeV}/c^2$	τ taon $-\frac{1}{2}$ $1.777 \text{ GeV}/c^2$	H^0 bozon Higgsa 0 0		
ν_e neutrino elektronowe $\frac{1}{2}$ $<2.2 \text{ eV}/c^2$	ν_μ neutrino mionowe $\frac{1}{2}$ $<170 \text{ keV}/c^2$	ν_τ neutrino taonowe $\frac{1}{2}$ $<15.5 \text{ MeV}/c^2$			
I	II	III			
					Massa Ładunek Spin

4 lipca 2012



osprzęt detektora ATLAS w CERNie

Wiele pytań bez odpowiedzi:

- ✿ unifikacja oddziaływań?
- ✿ niezrozumiała hierarchia mas cząstek?
- ✿ kwantowanie ładunku?
- ✿ stabilność masy Higgsa?
- ✿ masy neutrin?
- ✿ grawitacja kwantowa?
- ✿ ...

Kosmos to nowe ogromne
laboratorium fizyki
fundamentalnej!

Epilog



Ziemia z bliska



Ziemia z Księżyca,
misja Apollo 11

Ziemia i Księżyce
Merkurego

Ziemia z Saturna

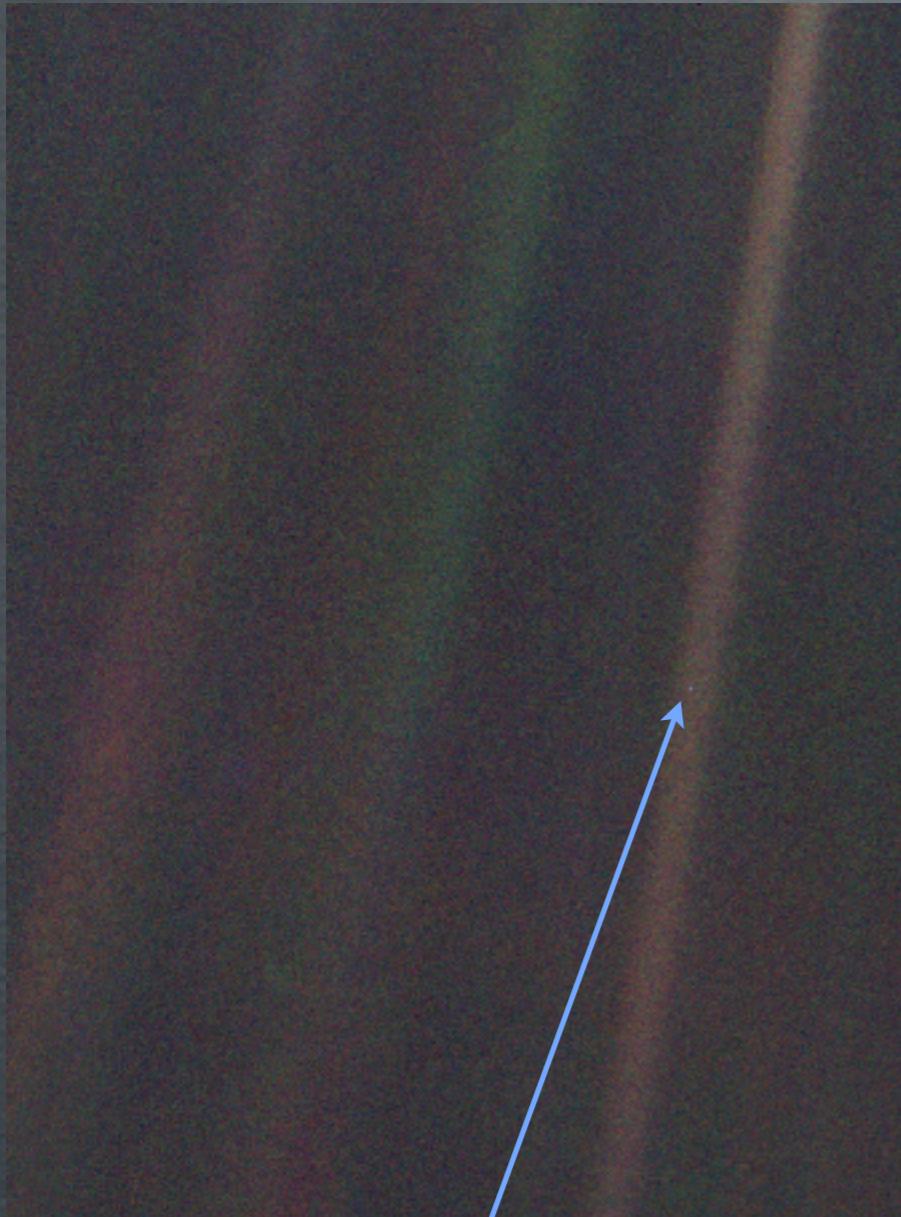


View from Mercury (MESSENGER)
81 million miles away

View from Saturn (Cassini)
900 million miles away

„Pale Blue Dot”

Ziemia z odległości ok. 6 mld km; Voyager 1



Ziemia

Z tego dalekiego punktu, Ziemia może wydawać się niespecjalnie interesująca. Ale dla nas jest inna. Pomyśl przez chwilę o tej kropce. To tu. To dom. To my. Na niej wszyscy, których kochasz, wszyscy których znasz, o których kiedykolwiek słyszałeś, każda istota ludzka która żyła, mieszkała tutaj (...) - na małym pyłku zawieszonym w promieniach Słońca.

Carl Sagan

Dziękuję za
uwagę:-)