

V OGÓLNOPOLSKIE SEMINARIUM

„Komputer w Szkolnym Laboratorium Przyrodniczym”

6 XII – 8 XII 2012 UMK w Toruniu

Wykład – 7 XII 2012

Szkolne Laboratorium Przyrodnicze
w nauczaniu współczesnej kosmologii



Prof. dr hab. inż. Henryk Drozdowski
Wydział Fizyki UAM

ODSŁONA PIERWSZA

KRÓLESTWO MGŁAWIC



ODSŁONA DRUGA

POCZĄTEK ŚWIATA



ODSŁONA TRZECIA



„I stała się światłość”

Księga Rodzaju 1,3

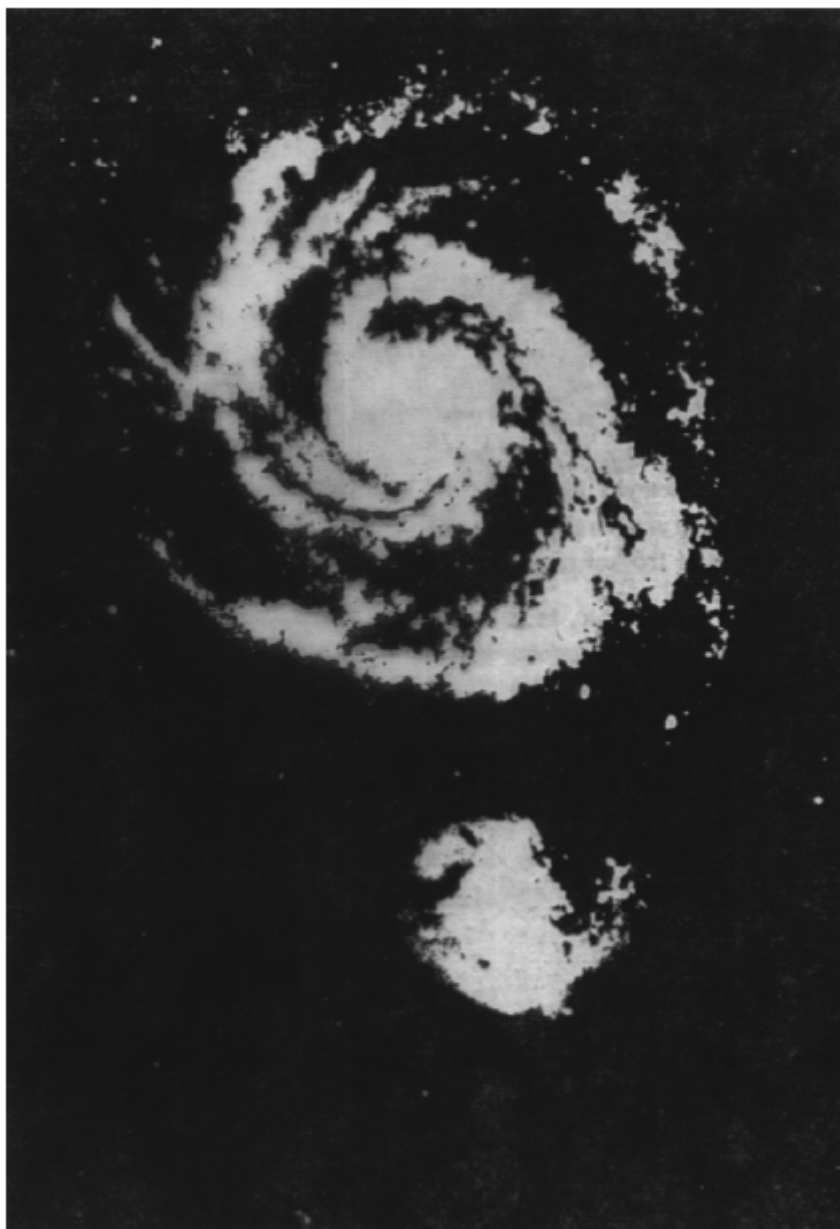


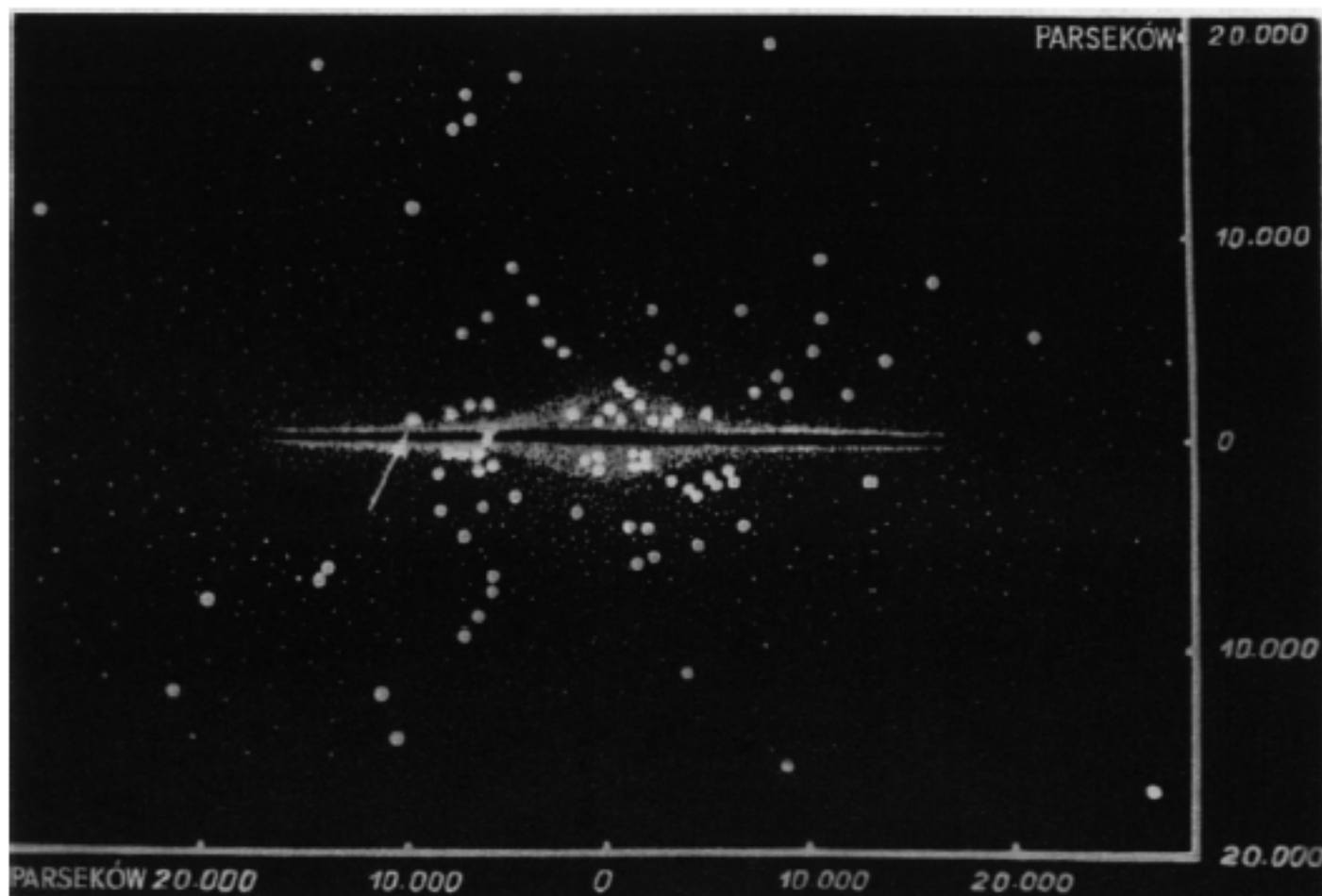
„Dążenie do zrozumienia Wszechświata – jak on działa i skąd się wziął – to najstarsza i największa przygoda w historii ludzkości. Trudno pojąć, że garstka mieszkańców niewielkiej planety, krążącej wokół niepozornej gwiazdy w małej galaktyce, postawiła sobie za cel pełne zrozumienie całego Wszechświata – mała plamka życia, szczerze przekonana, że jest zdolna do ogarnięcia całości”

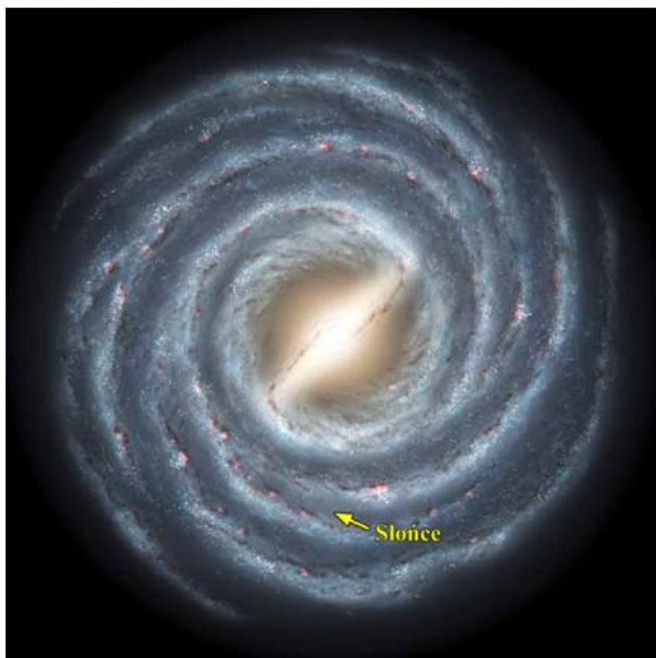
Murray Gell-Mann

Czy Wszechświat zawsze istniał?









Droga Mleczna jako przykład galaktyki spiralnej z poprzeczką.

Przykłady różnego typu galaktyk

ODSŁONA PIERWSZA

KRÓLESTWO MGŁAWIC

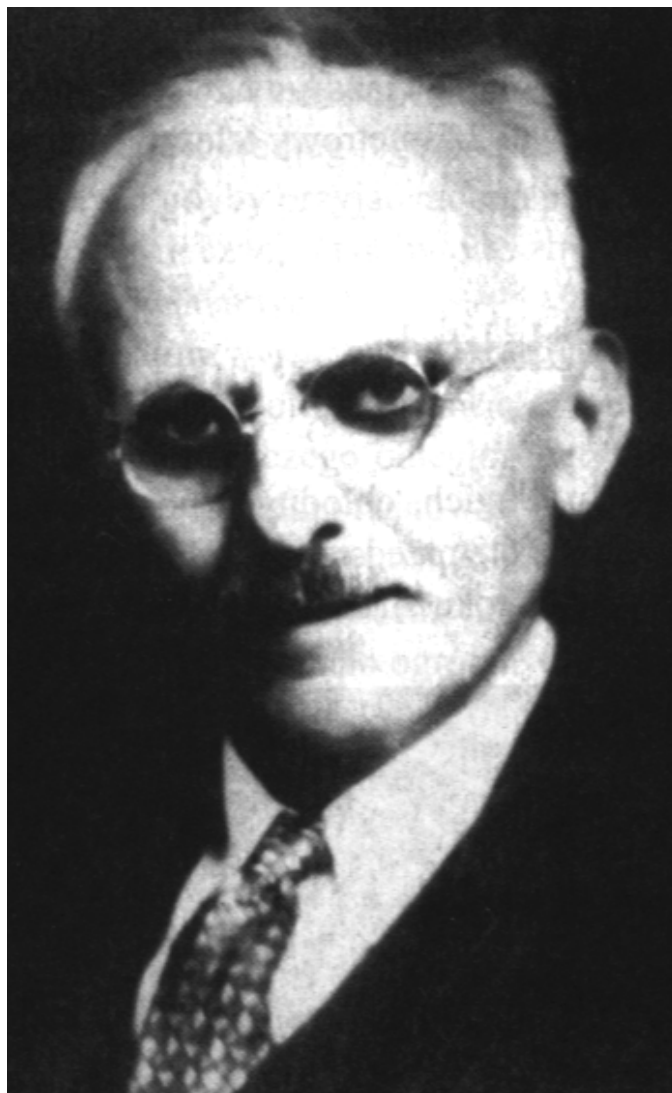




Galaktyka spiralna z poprzeczką NGC 1097



Harlow Shapley – mgławice spiralne
są obiektami wewnątrzgalaktycznymi



Heber Curtis – istnieją Wszechświaty–wyspy



Galaktyka M51 jako przykład galaktyki spiralnej typu Sc (w centrum) oraz NGC 5194 jako przykład galaktyki nieregularnej typu Irr II (z lewej)



Galaktyka eliptyczna **M32** (typ E2).

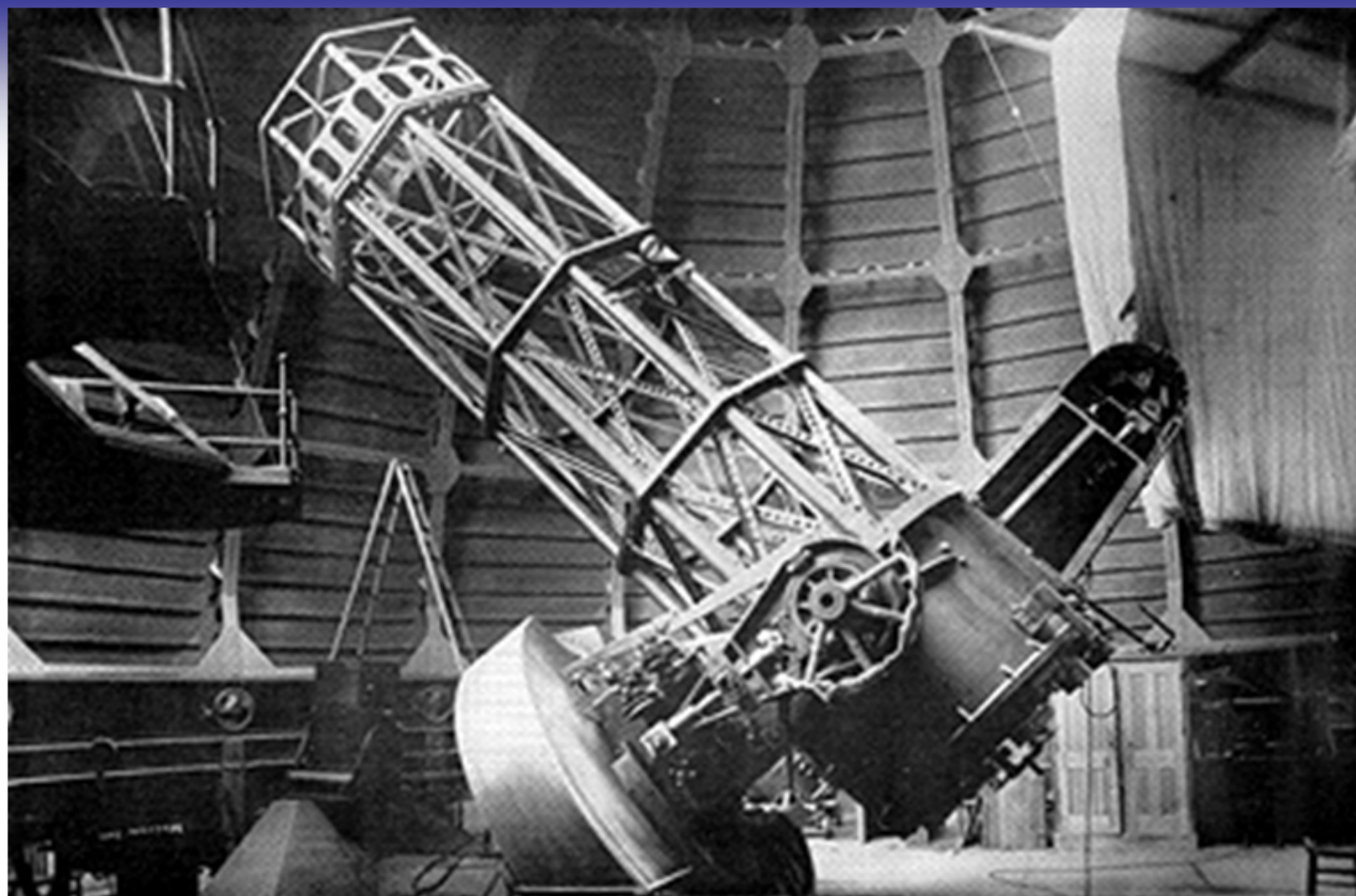


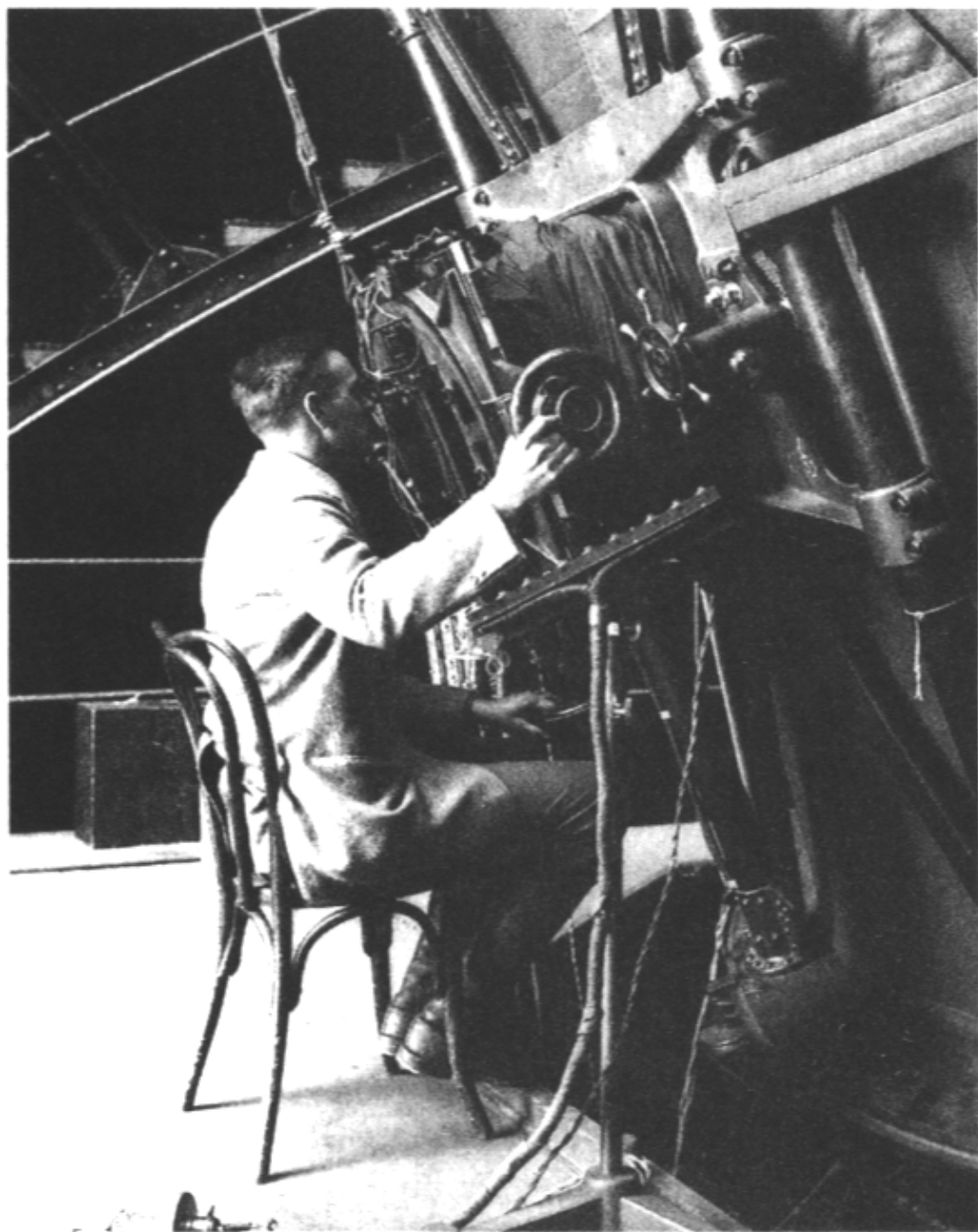
EDWIN P. HUBBLE



George Ellery Hale

Teleskop 60" na Mount Wilson;
w latach 1909-1917 największy na świecie







Galaktyka *M* 31 w Andromedzie

Cefeidy – gwiazdy zmienne pulsujące



HENRIETTA LEAVITT:

$$M = -1,18 - 2,90 \log T$$

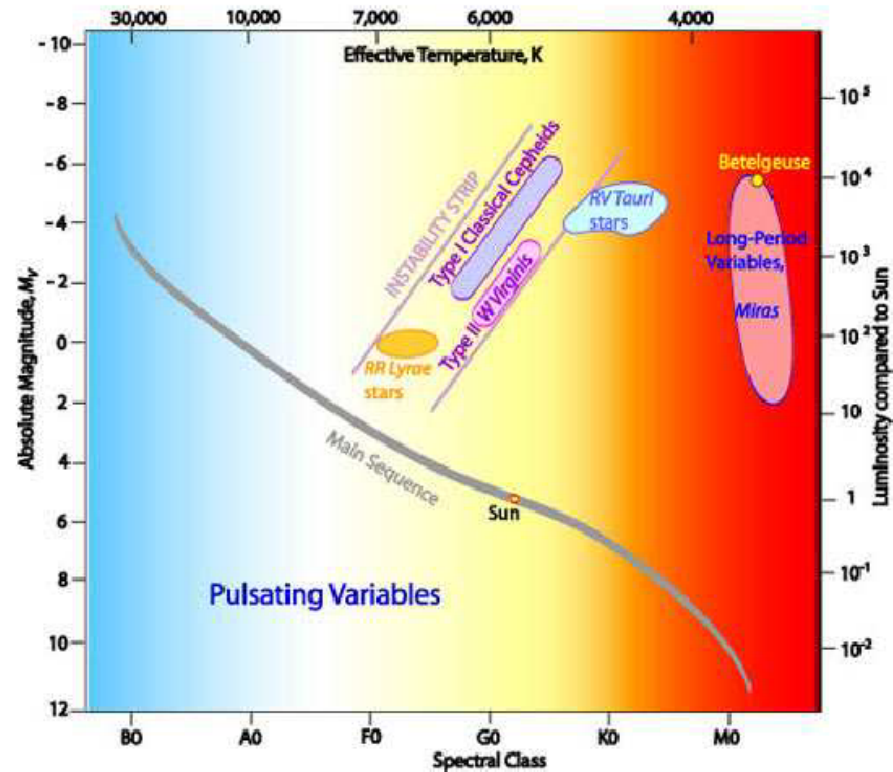
EJNAR HERTZSPRUNG:

$$\log r = 0,2 (m - M) + 1$$



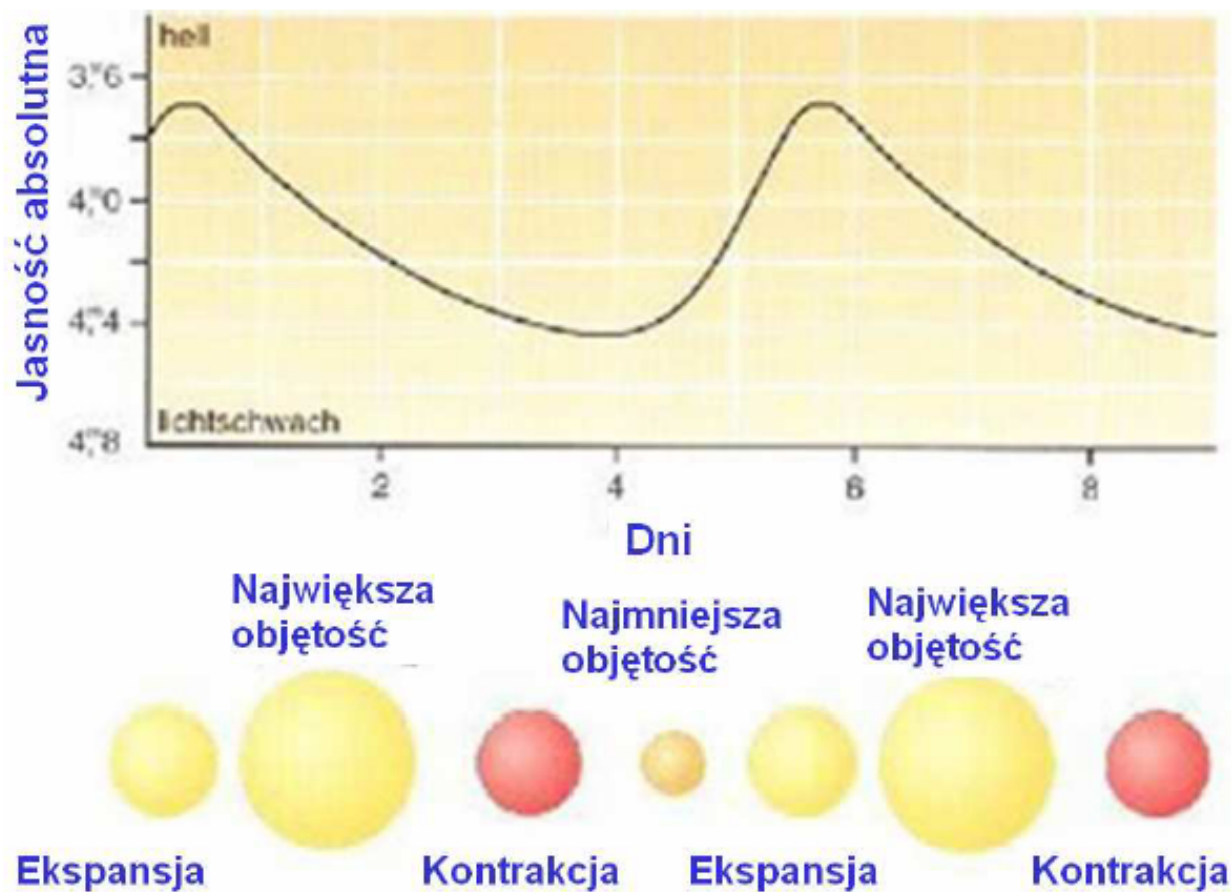
Henrietta Swan Leavitt

Gwiazdy zmienne



Gwiazdy zmienne – pulsujące jasne olbrzymy i nadolbrzymy przeważnie typów widmowych F i G

Gwiazdy zmienne

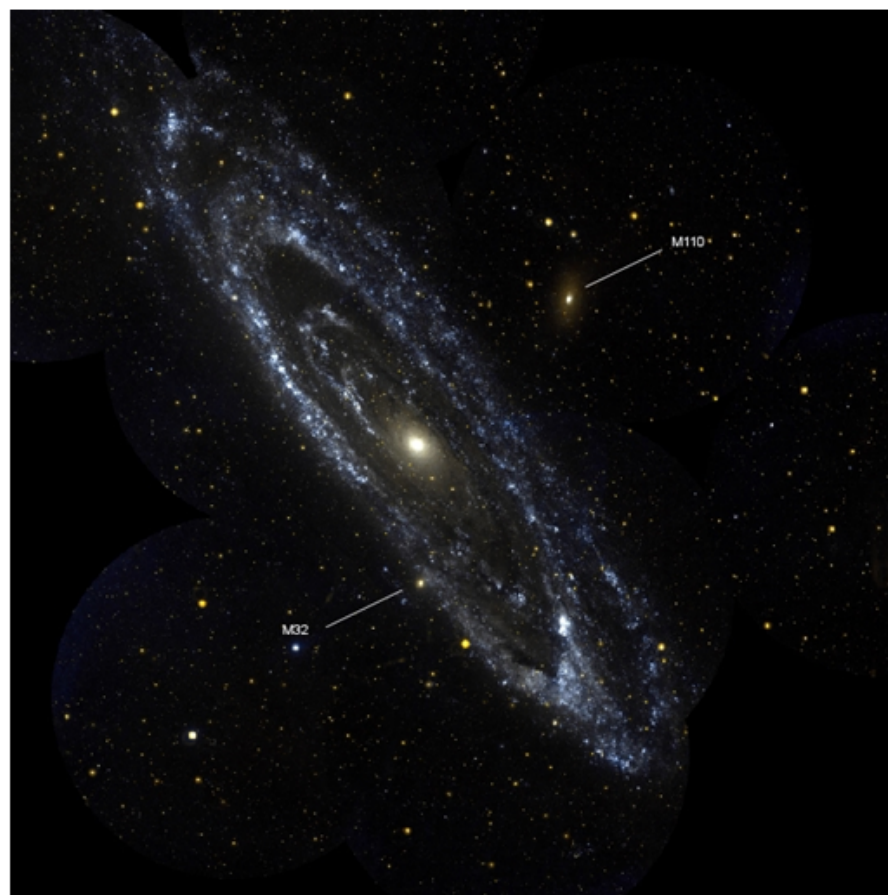




Zespół z Harvardu prof. Edwarda Pickeringa



Galaktyka w Andromedzie



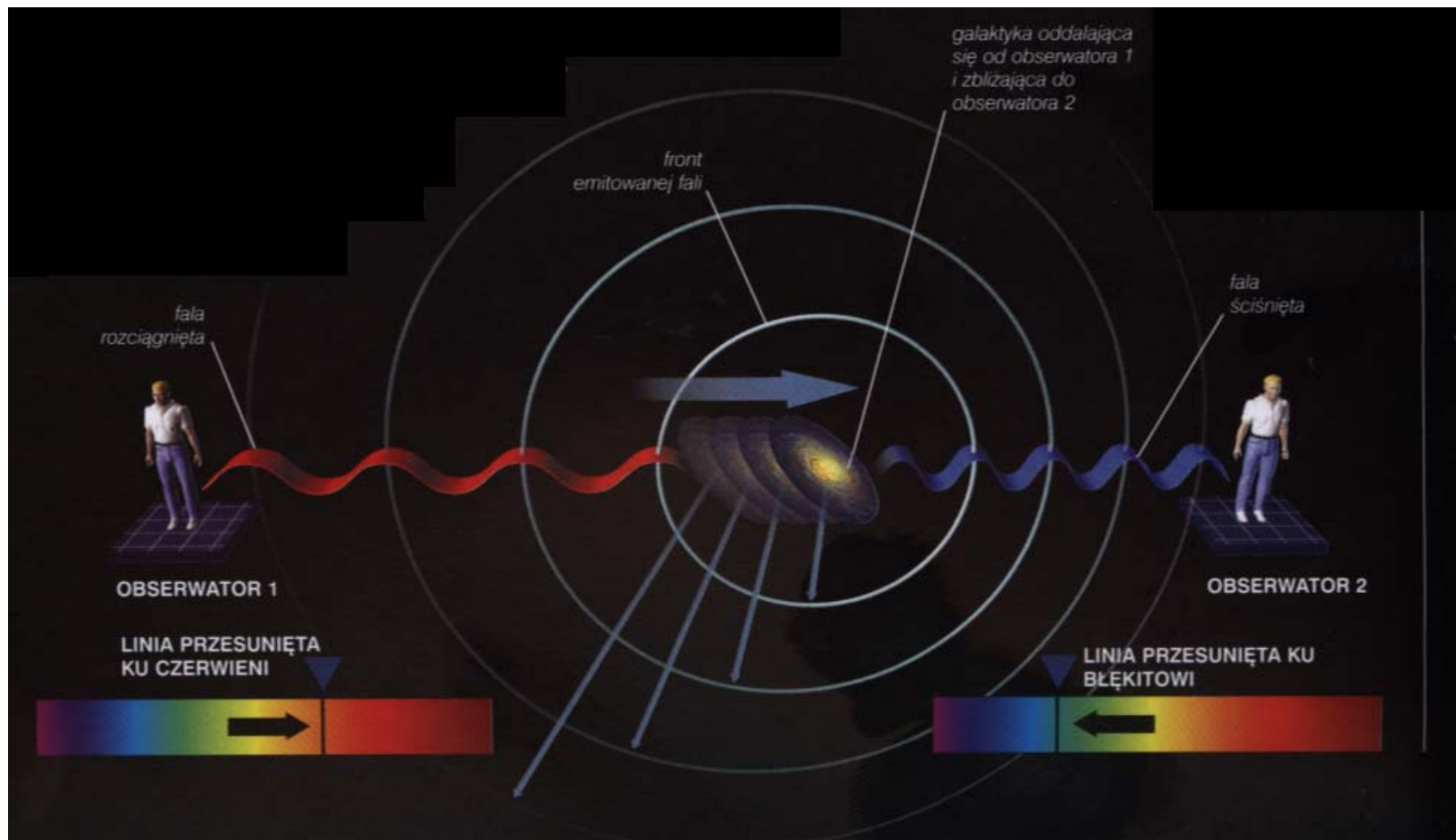
Wielka Mgławica w Andromedzie (M31) jest galaktyką spiralną typu Sb. Towarzyszą jej dwie karłowate galaktyki eliptyczne: **M32** (typ E2) i **M110** (typ E5). M31 jest oddalona od Drogi Mlecznej o mniej więcej 2,5 miliona lat świetlnych (0,8 Mpc).

100" reflektor na Mount Wilson;
w latach 1917-1949 największy na świecie





MILTON L. HUMASON



Galaktyka należąca
do gromady
w gwiazdozbiory

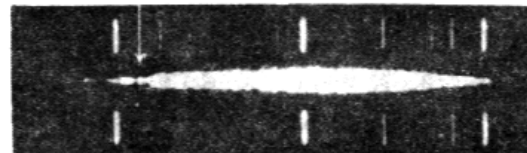
Odległość
w parsekach
(przybliżona)



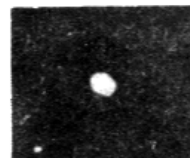
Panny

10 000 000

Przesunięcie ku czerwieni
H + K

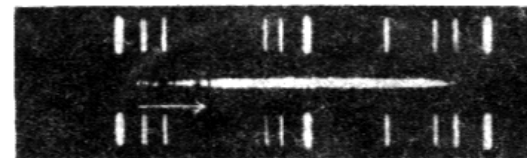


1 200 km/s

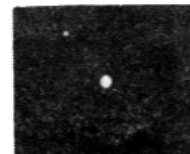


Wielkiej
Niedźwiedzicy

100 000 000

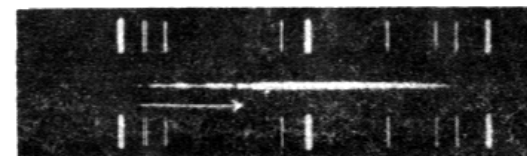


15 000 km/s

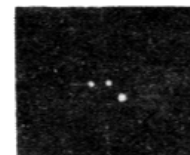


Korony Północy

150 000 000

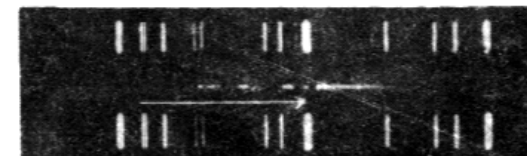


21 600 km/s

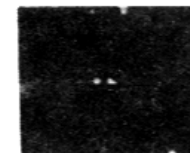


Wolarza

250 000 000

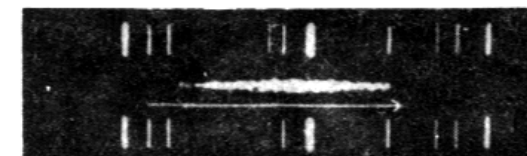


39 300 km/s



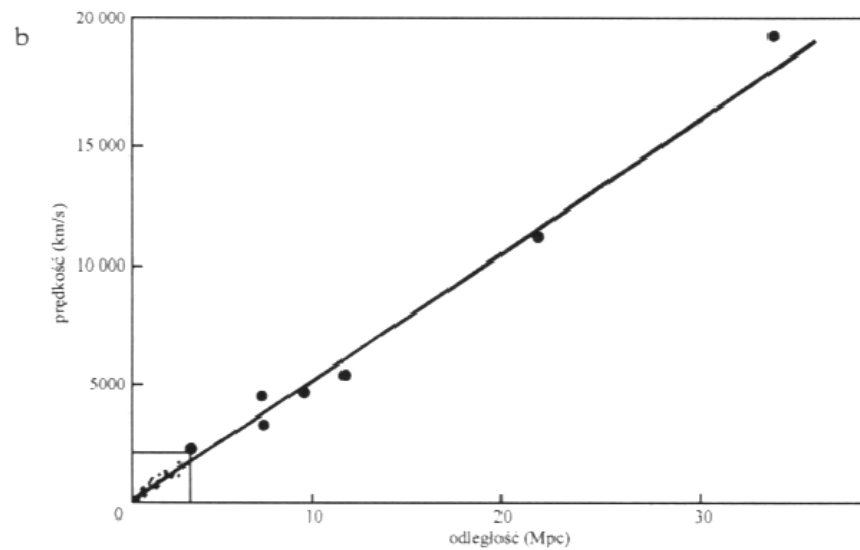
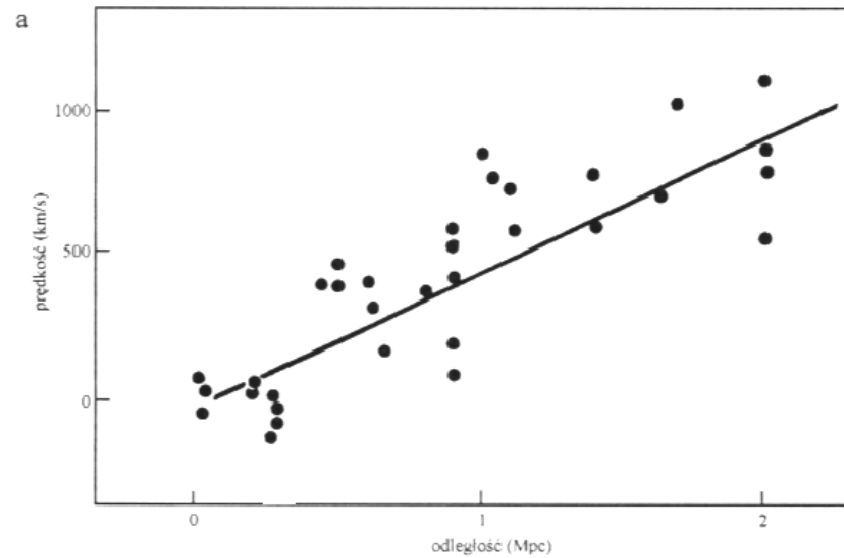
Hydry

400 000 000

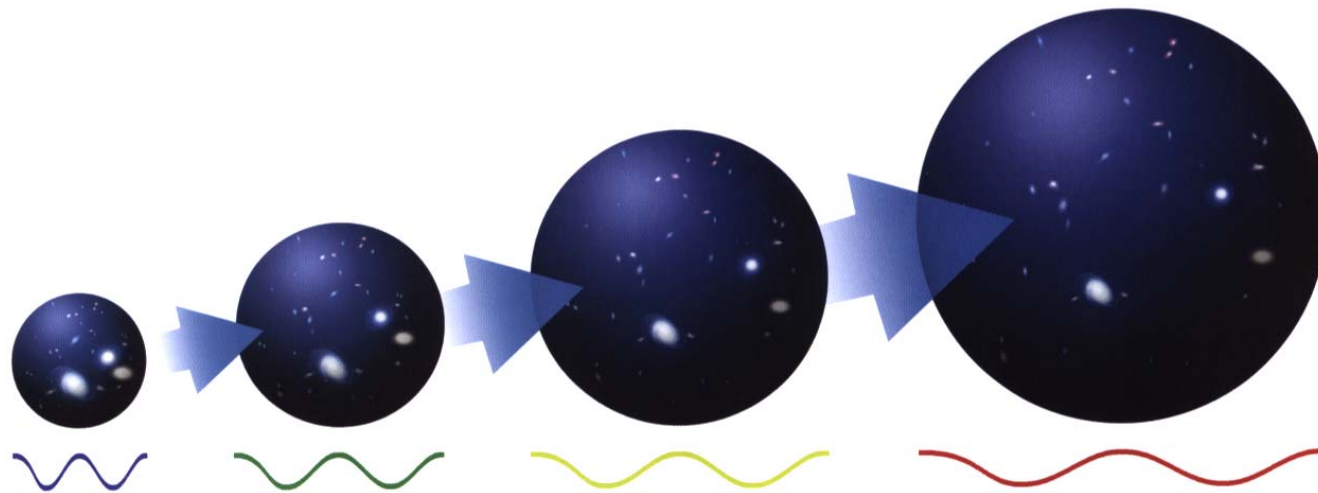


61 200 km/s

Odkrywczy diagram Hubble'a



Grawitacyjny efekt Dopplera



$$v = H r$$

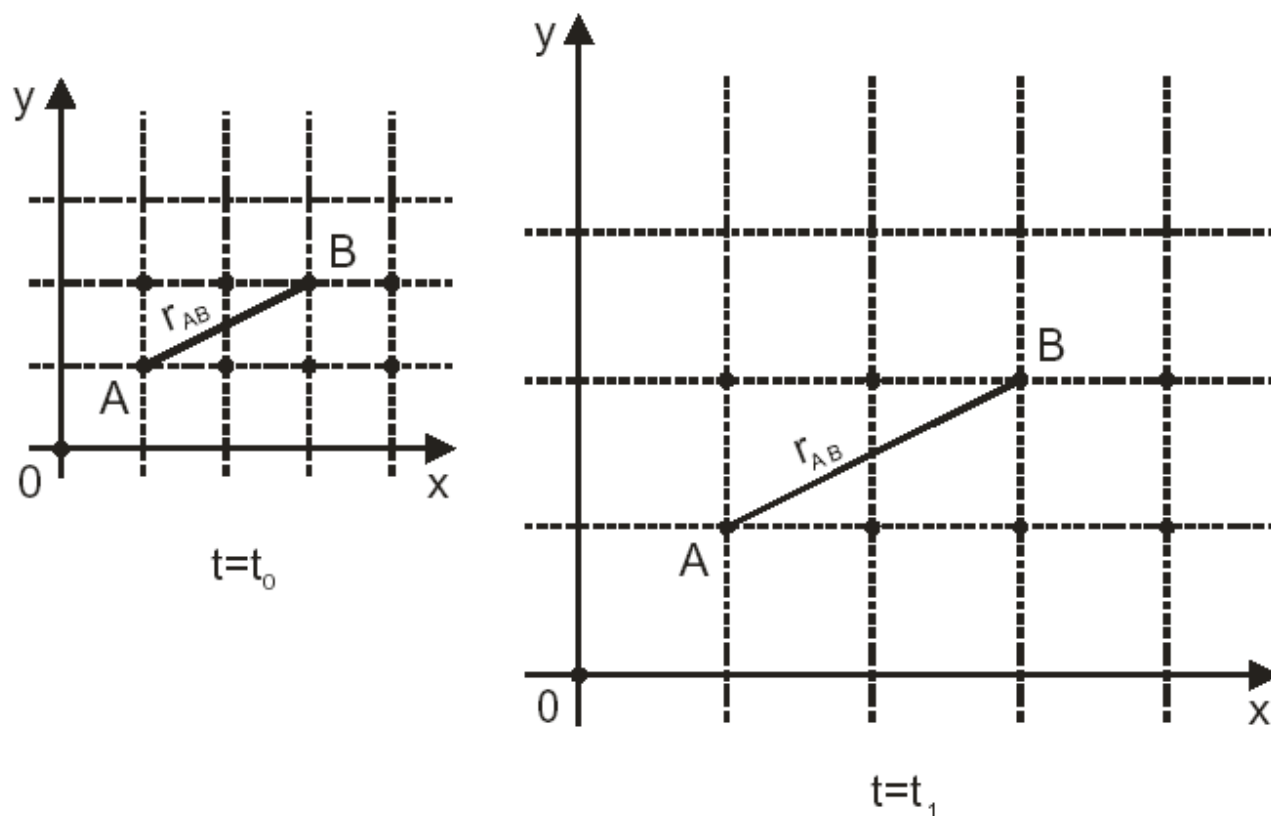


$$d_L = \left(\frac{L}{4\pi L_{obs}} \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$L_{obs} = \frac{L}{4\pi r^2}$$

PRAWO HUBBLE'A:

$$v \approx H d_L \approx c z$$



Ilustracja izotropowego rozszerzania Wszechświata.
„Puchnąca” przestrzeń (obrazowana przez rozszerzającą się siatkę) unosi ze sobą galaktyki

Granica rozdzielająca obszar badania Wszechświata teleskopem

Najdalsza galaktyka oddala się od Ziemi z prędkością $v = 0,9996 c$, czyli światło potrzebuje aż 11 miliardów lat, aby dotrzeć do nas.

Powstaje pytanie:

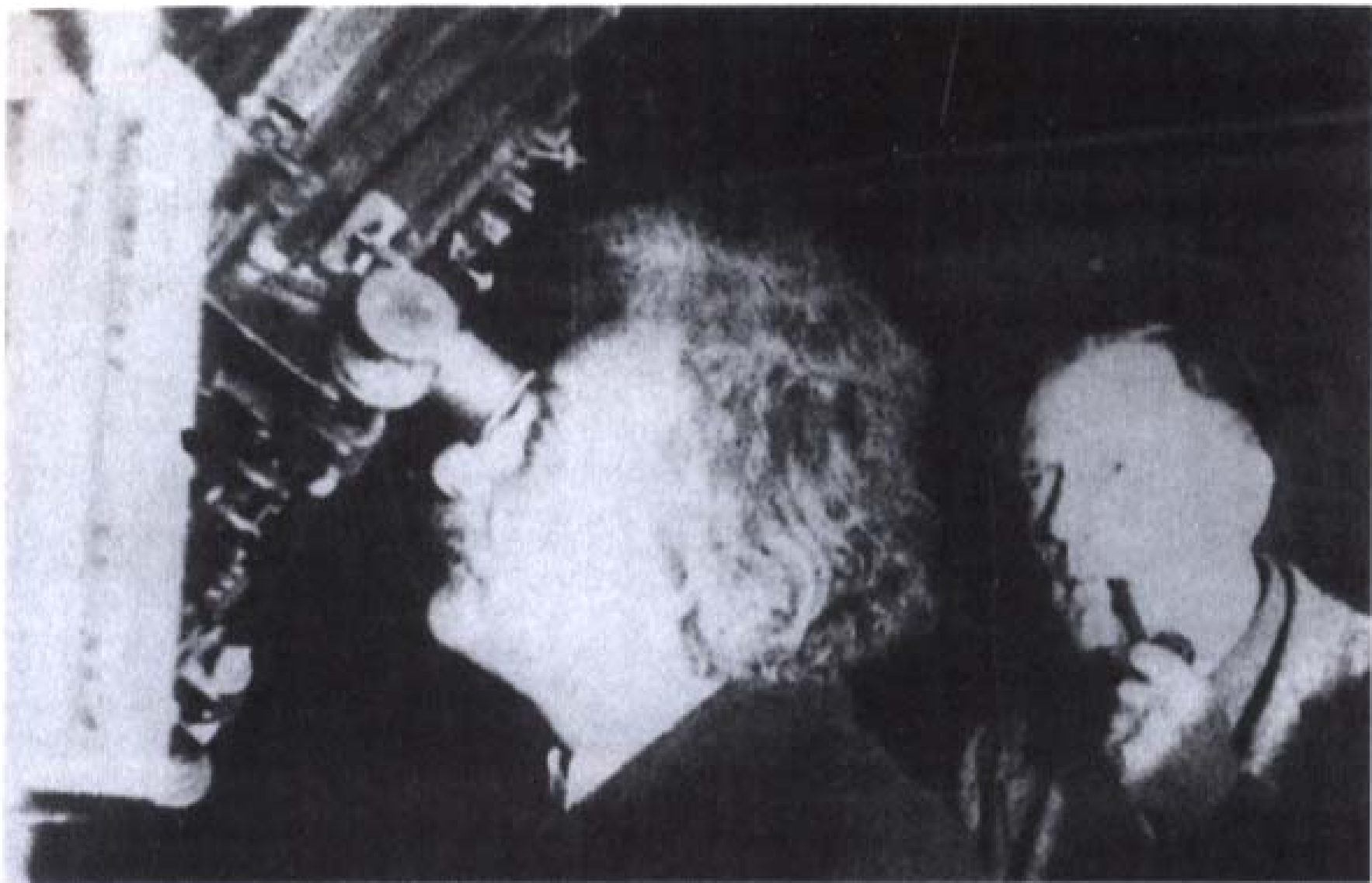
W jakim celu

istnieje tak wielki Wszechświat?

Pojęcie rozszerzającego się Wszechświata

**oparte na teorii Einsteina
i prawie Hubble'a,
stawia nas twarzą w twarz
wobec pytań**

o początek Wszechświata



ODSŁONA DRUGA

POCZĄTEK ŚWIATA



Czas=0

BIG BANG

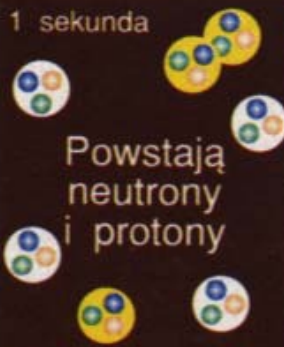
Temperatura= ∞

0.0001 sekundy

Wszechświat
wypełniają
kwarki
i cząstki
egzotyczne

10^{12} K

1 sekunda



10^9 K

3 minuty



10^9 K

300 000 lat



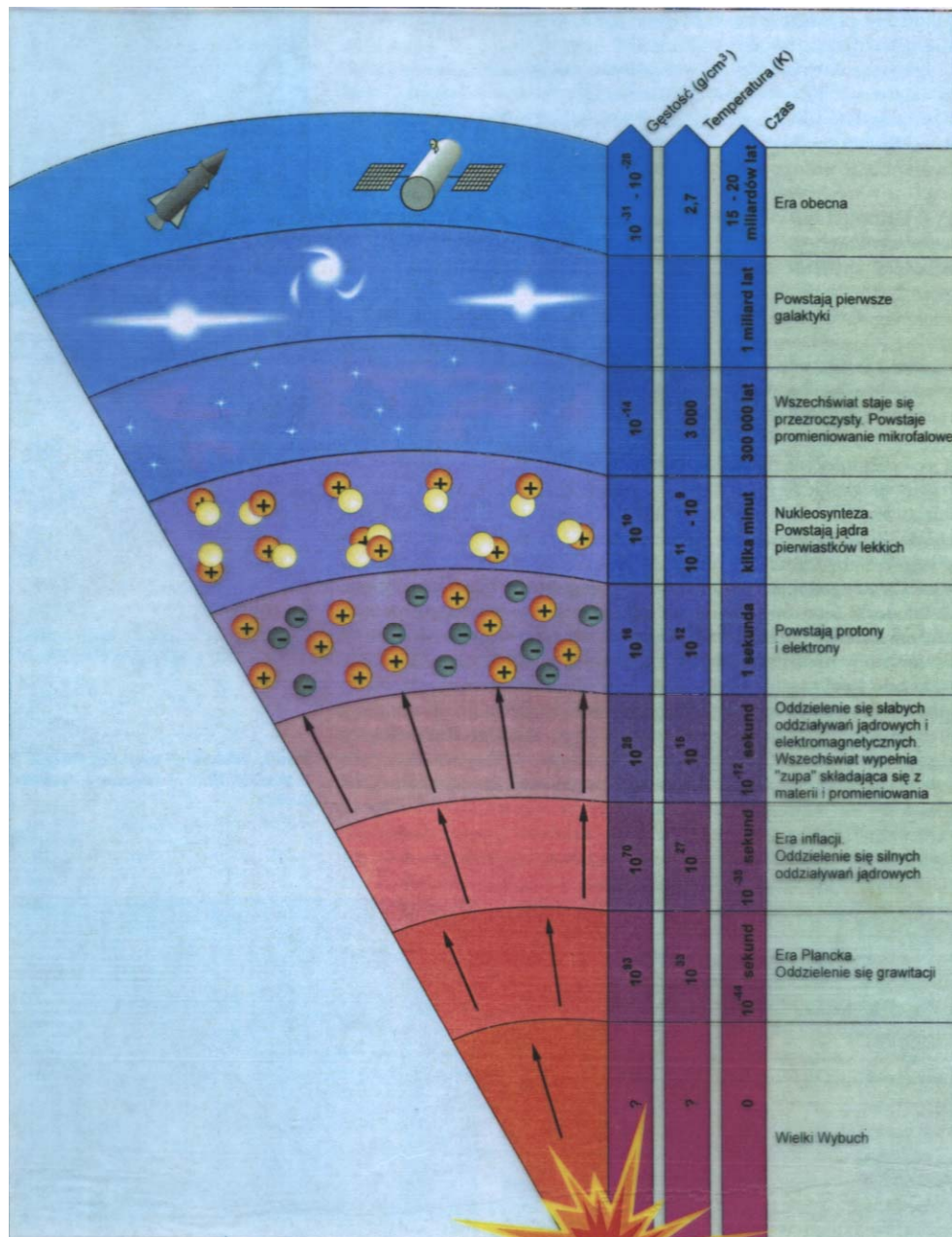
3000 K

15 mld lat

DZISIAJ

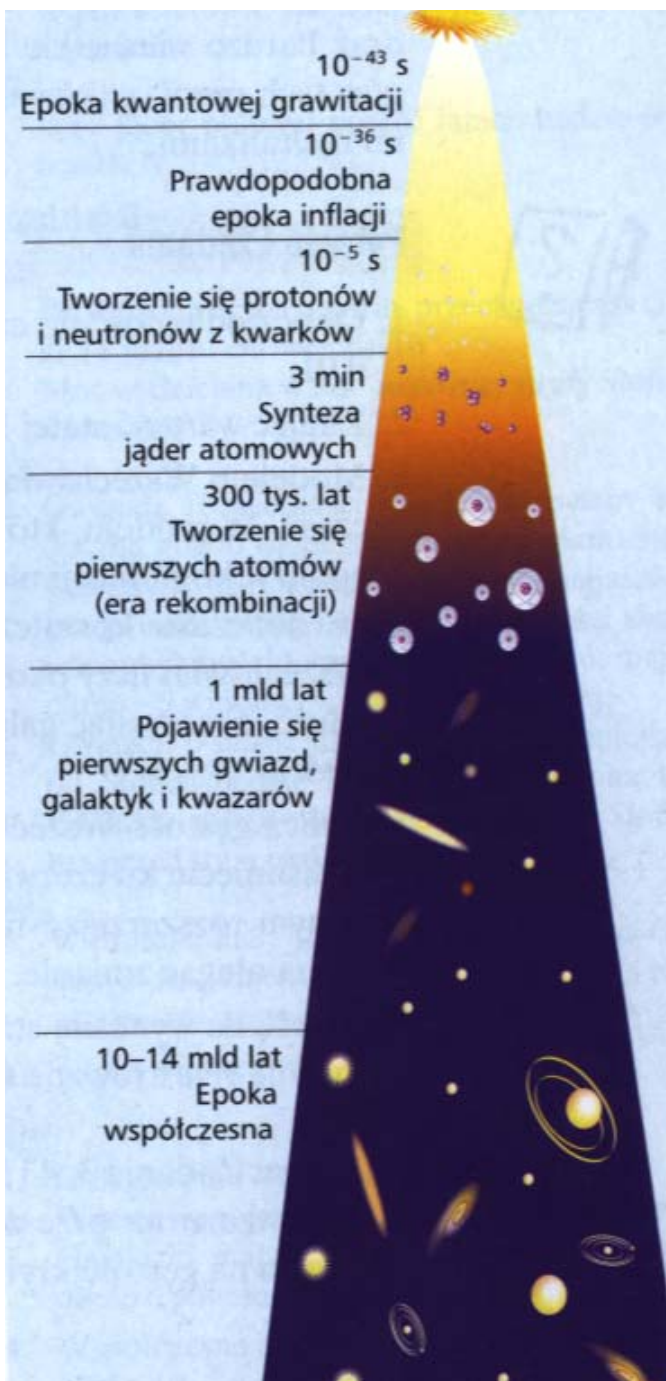


3 K





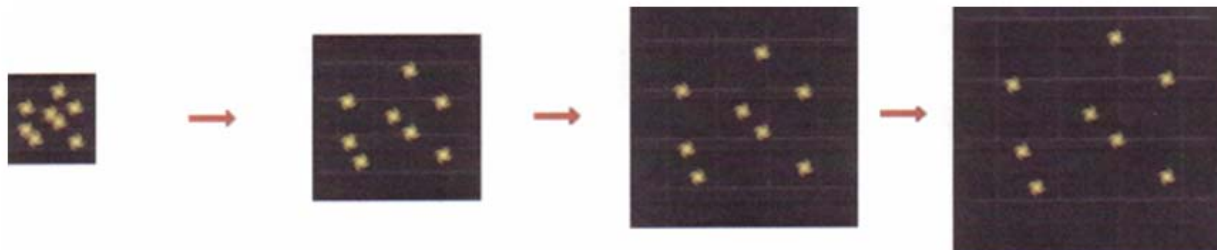
George Lemaître



Jakim rodzajem eksplozji był Wielki Wybuch?

Była to **eksplozja samej przestrzeni**.

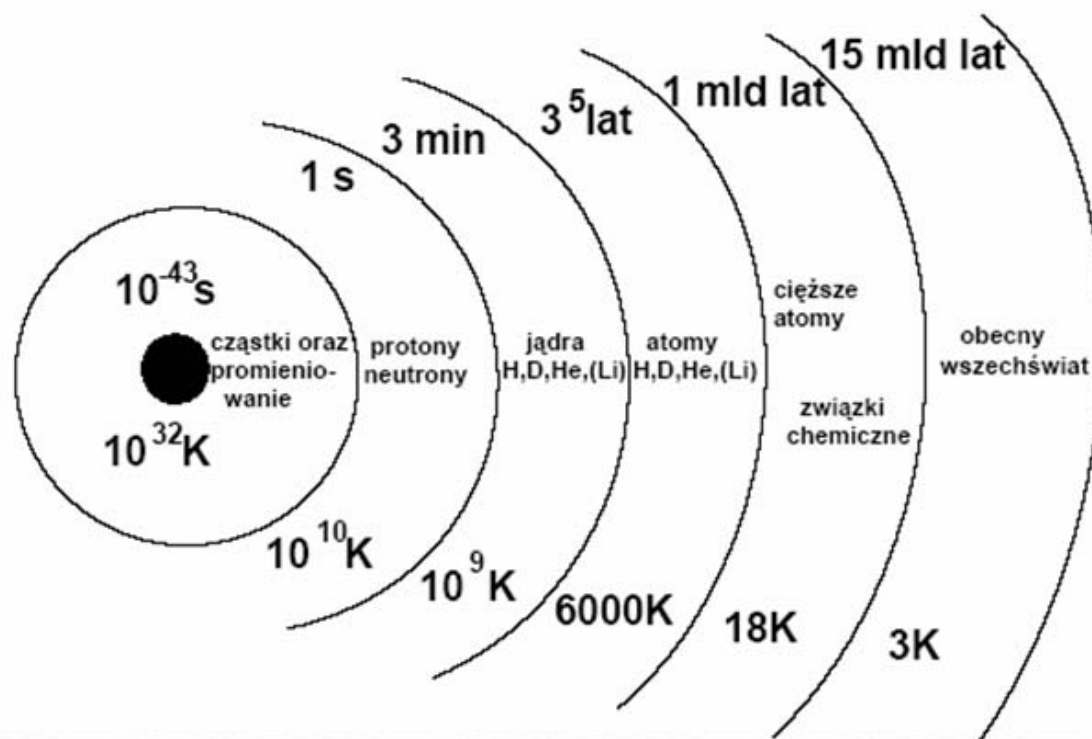
Przestrzeń, w której żyjemy, sama się rozszerza. Nie istniało żadne centrum wybuchu, gdyż nastąpił on wszędzie. Gęstość i ciśnienie były w każdym punkcie jednakowe, nie istniała więc różnica ciśnień, która mogłaby wywołać normalną eksplozję.

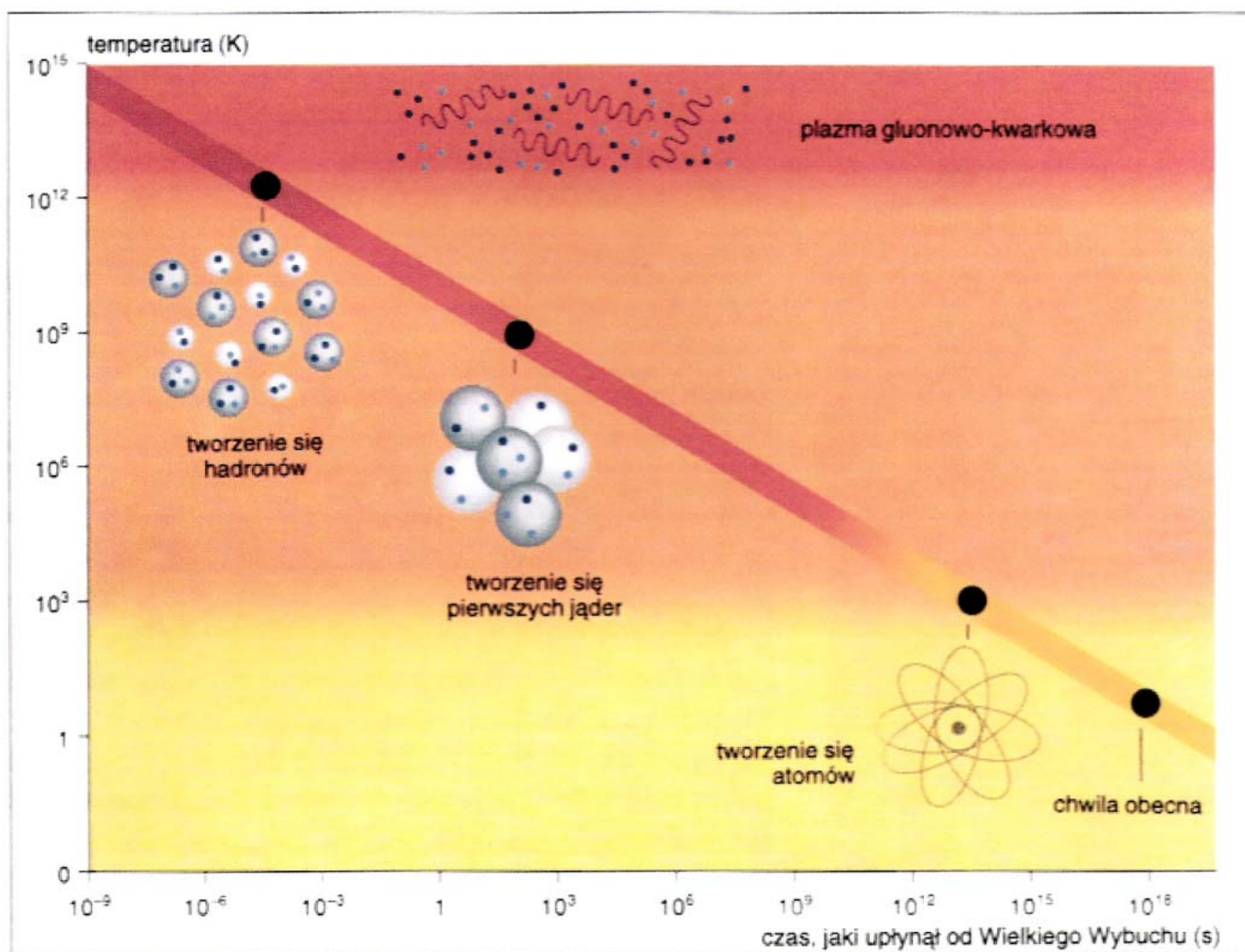




George Gamow (AIP Emilio Segrè Visual Archives)

Ewolucja Wszechświata





ODSŁONA TRZECIA



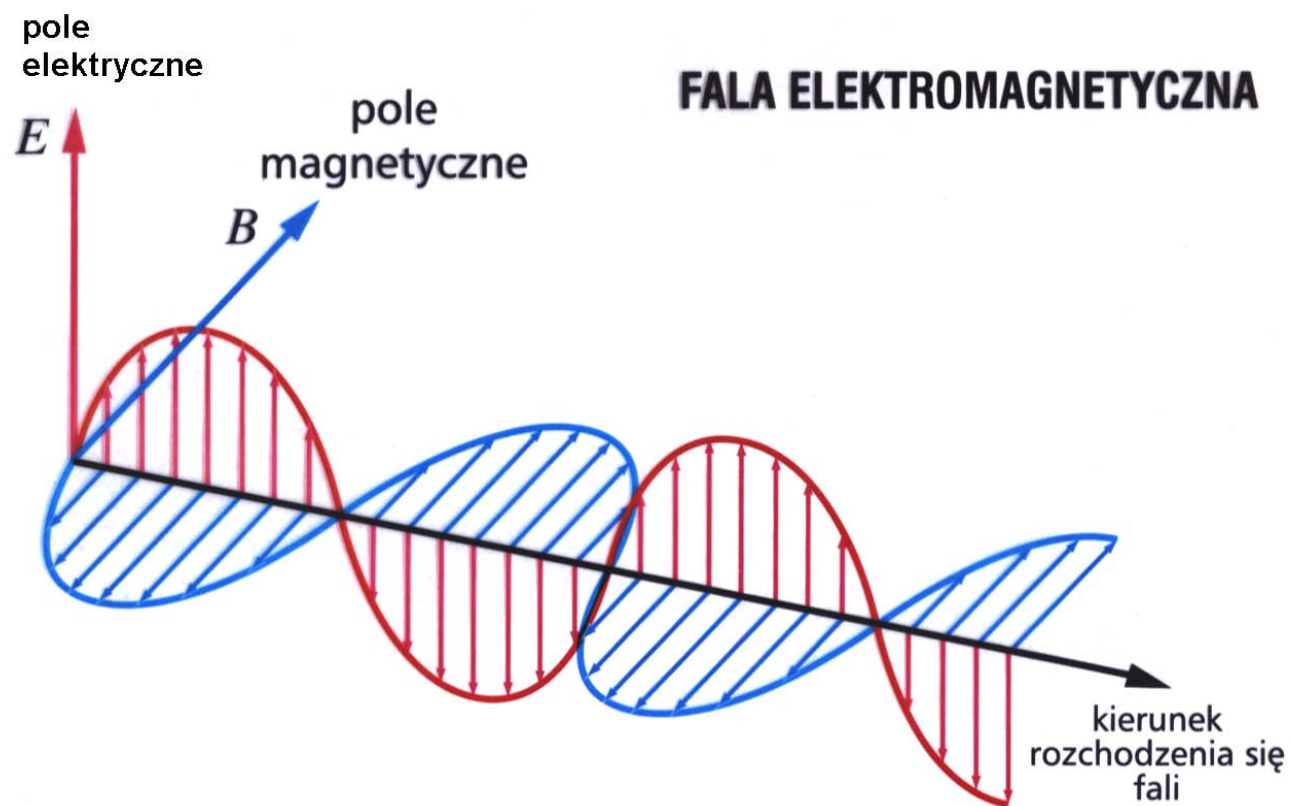
„I stała się światłość”

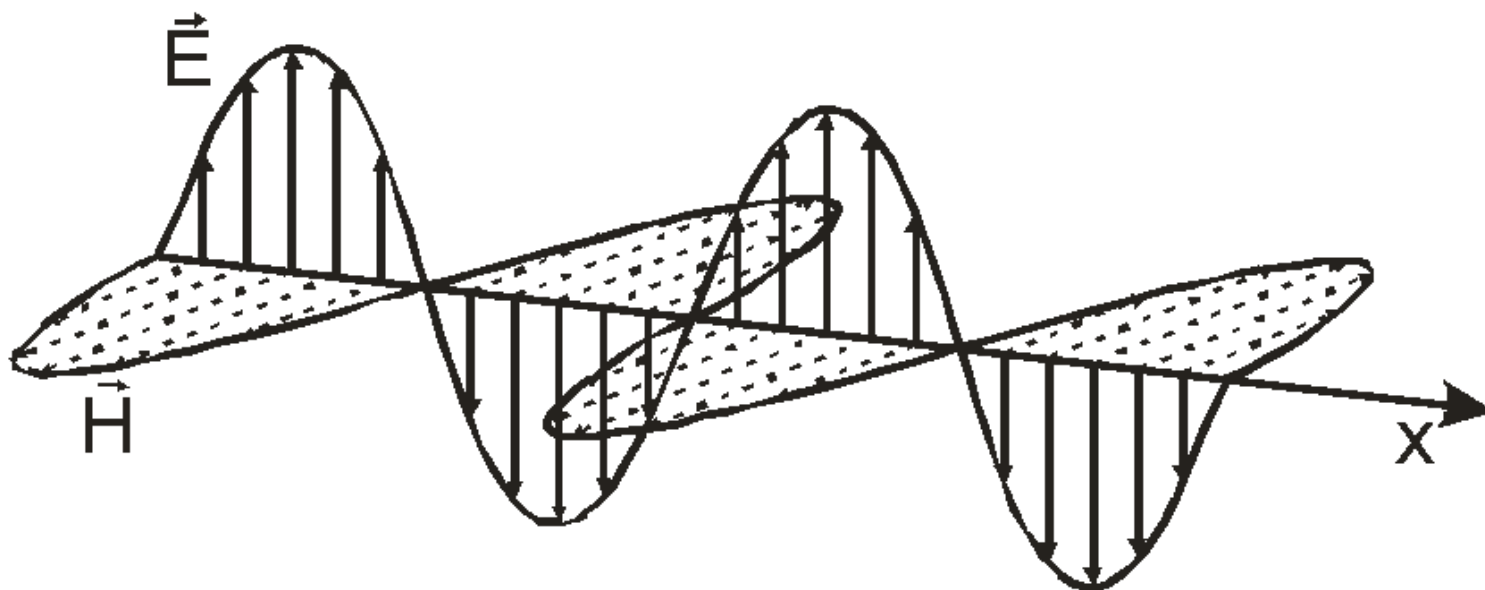
Księga Rodzaju 1,3



$$\text{rot } \vec{E} = \vec{\nabla} \times \vec{E} = -\mu_0 \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$$

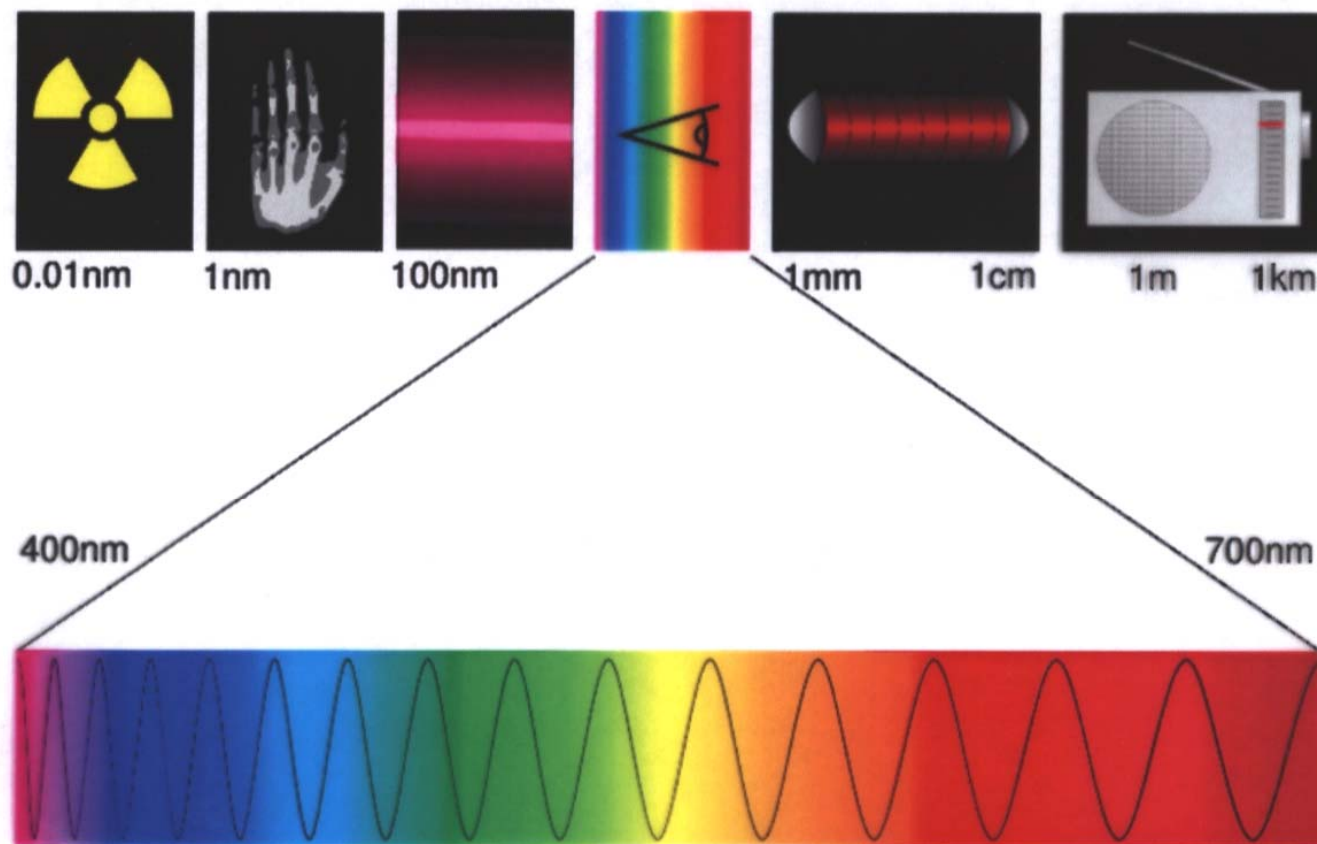
$$\text{rot } \vec{H} = \vec{\nabla} \times \vec{H} = \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$$



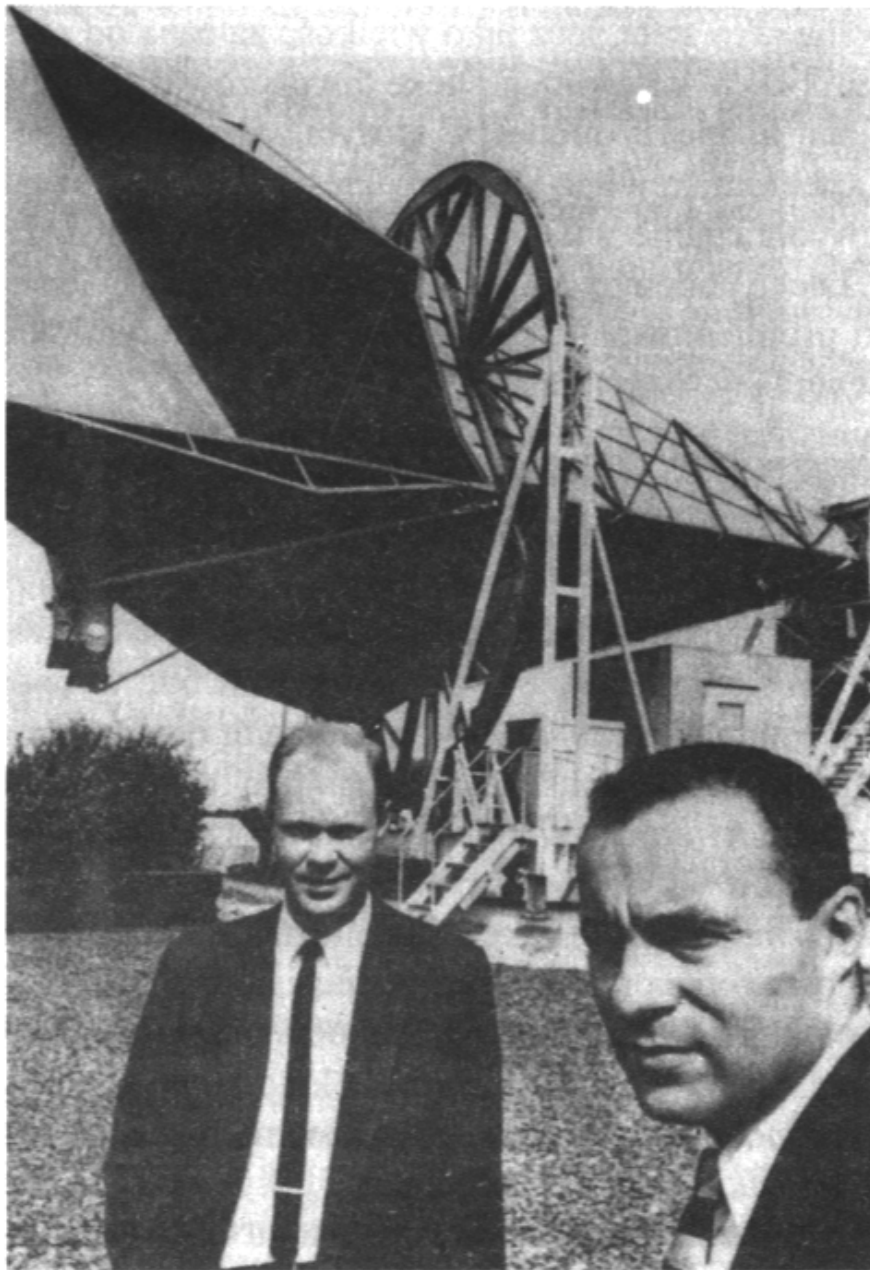


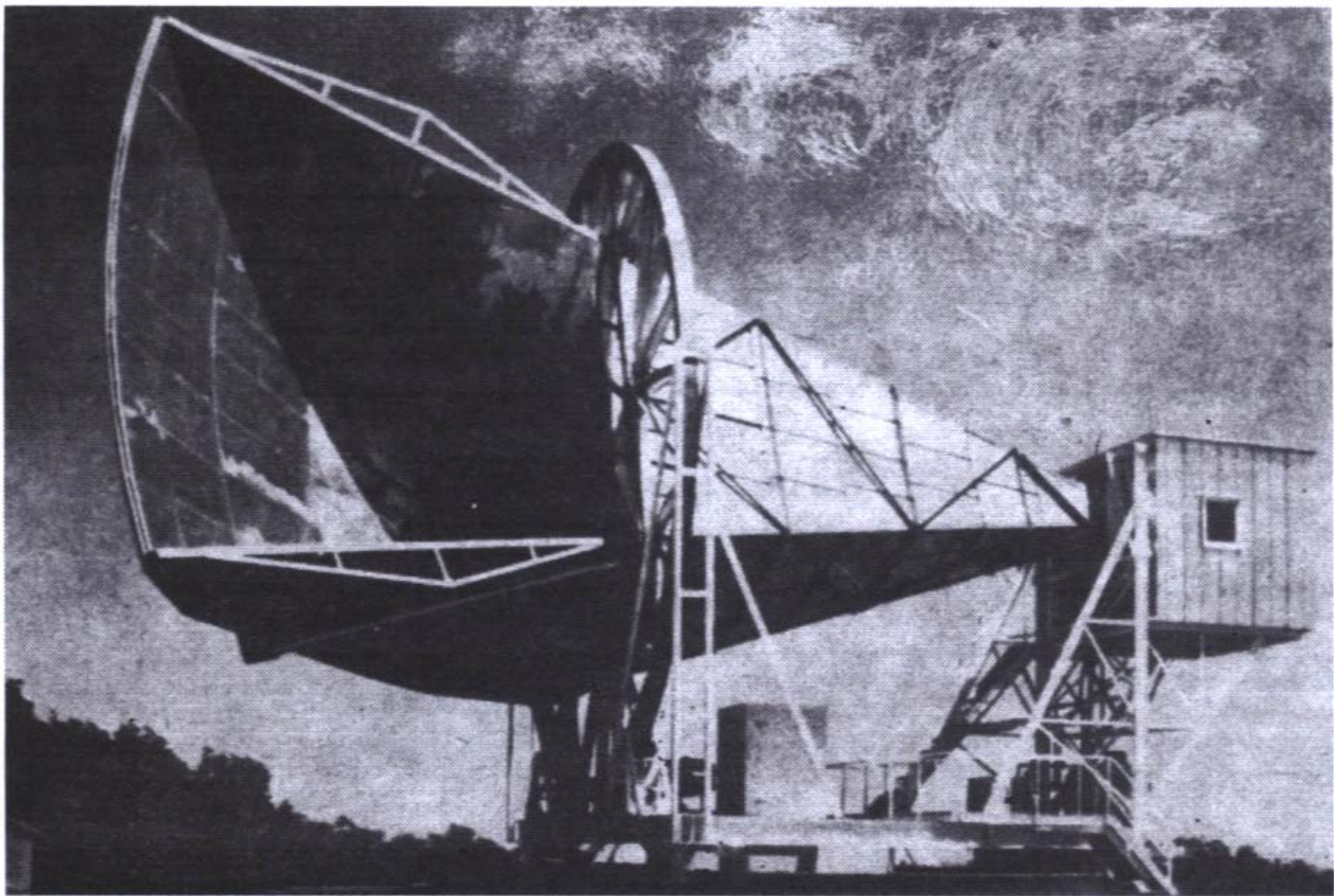
Dokonawszy swego odkrycia, Maxwell miałby prawo powiedzieć:

**„Niech będzie
elektryczność i magnetyzm,
a stanie się światło!”**



Spektrum fal elektromagnetycznych



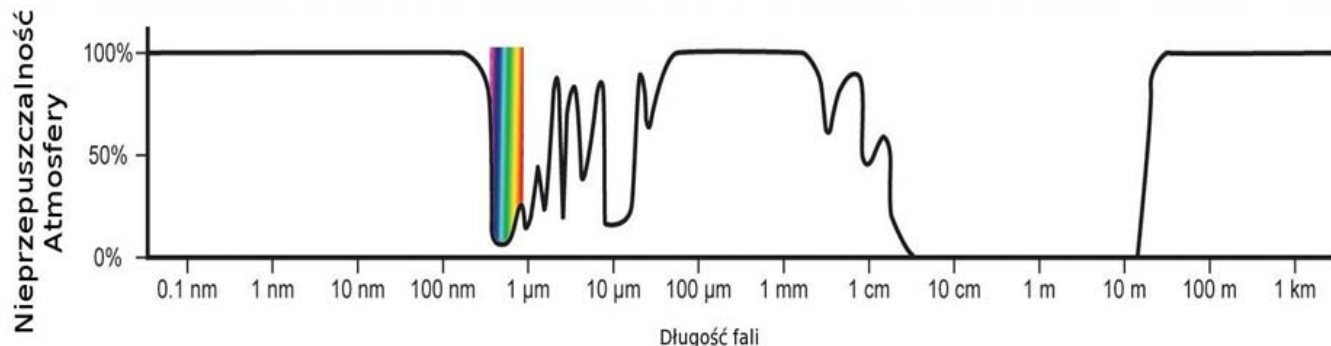


Antena Wilsona i Penziasa

OKNO OPTYCZNE

Okno optyczne to przedział widma fal elektromagnetycznych, które są przepuszczane przez atmosferę ziemską

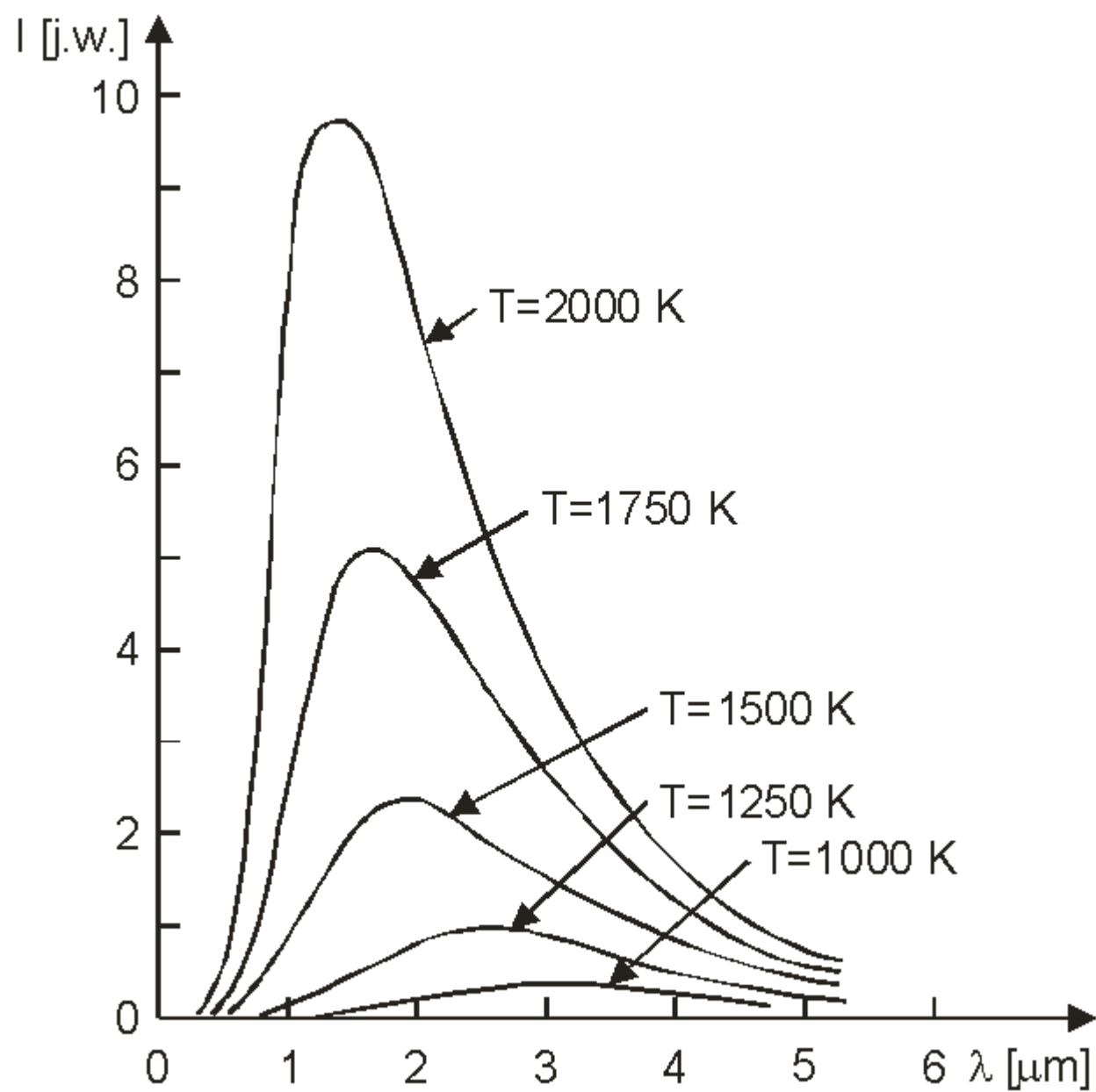
- obejmuje fale o długościach od 300 do 1100 nm
- UV A i B, VIS, IR

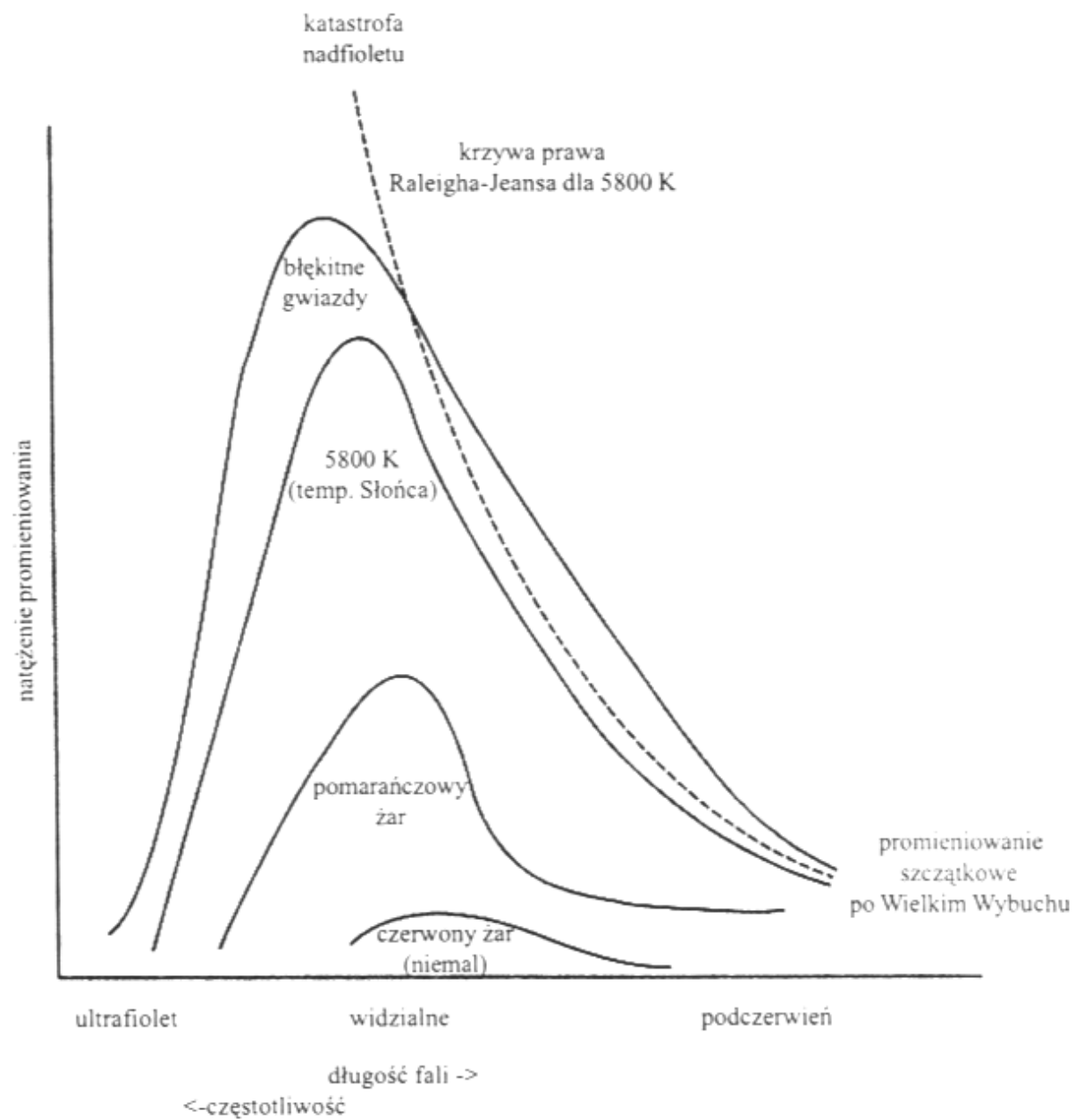


Komunikat Wilsona i Penziasa:

*„Podwyższona temperatura
anteny przy częstotliwości
4080 megacykli na sekundę”*

Mało porywający tytuł !



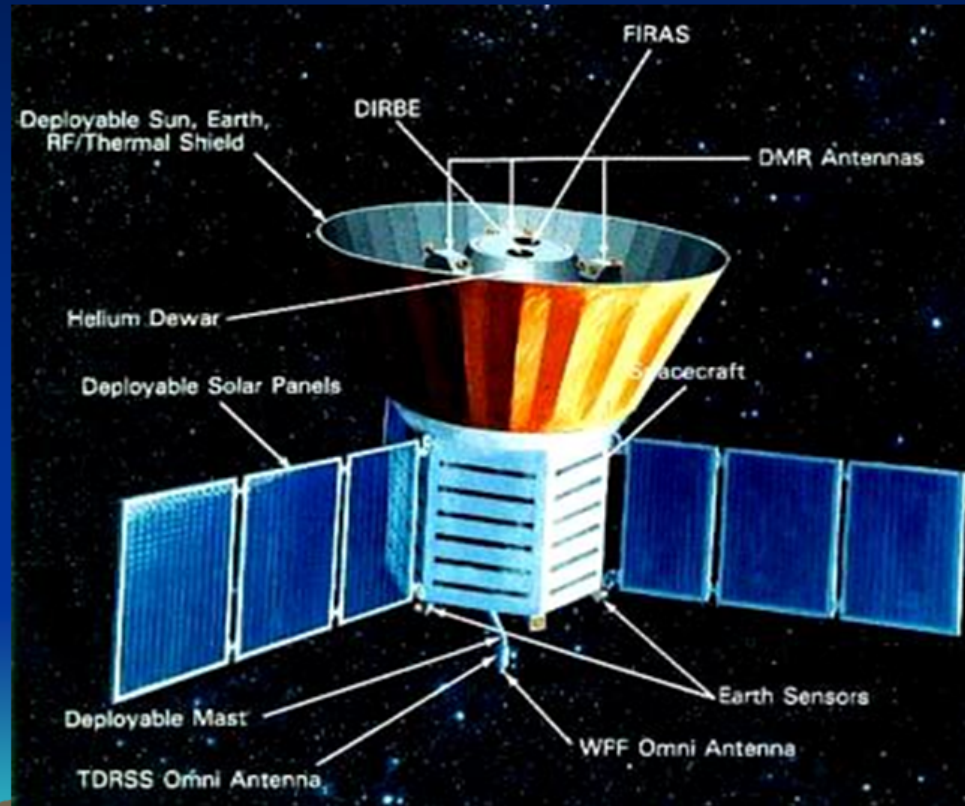




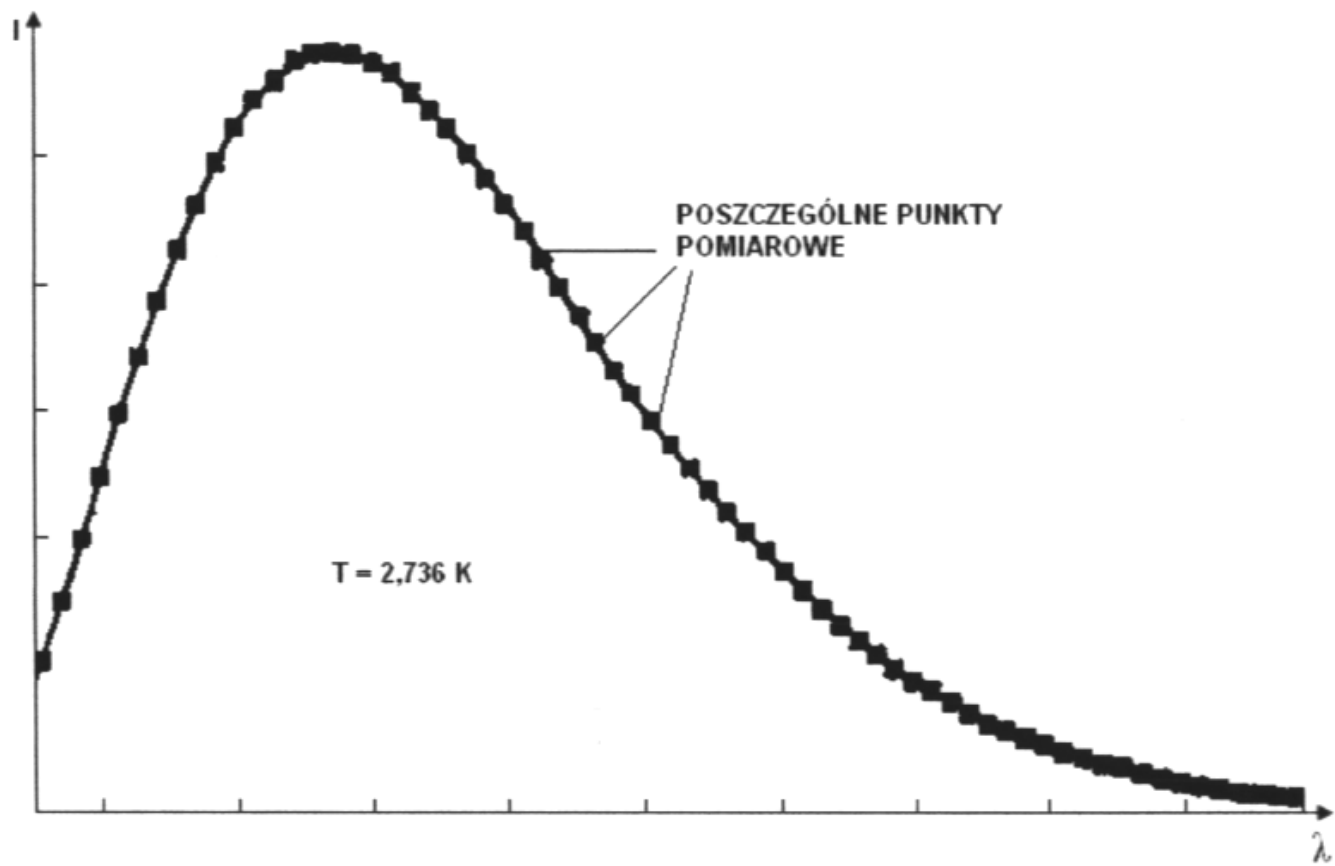
Satelita COBE na orbicie

Promieniowanie reliktowe - Nobel z fizyki 2006

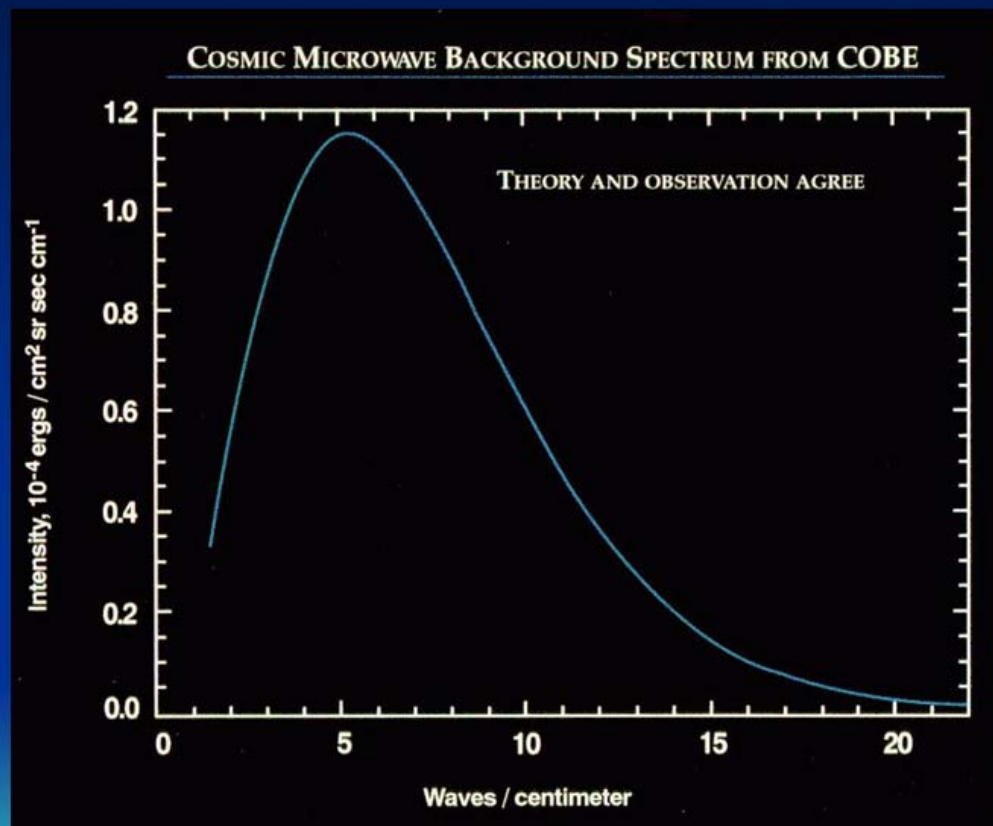
Satelita COBE (Cosmic Background Explorer)



Schemat należącego do [NASA](#) satelity COBE



Promieniowanie reliktowe - Nobel z fizyki 2006



Widmo kosmicznego promieniowania tła z badań dostarczonych przez COBE

**Krzywa zgadza się z krzywą Plancka
z dokładnością 1 do 10 000**

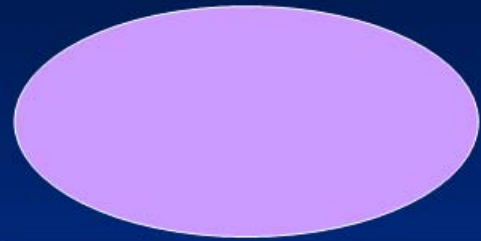
Promieniowanie reliktowe - Nobel z fizyki 2006

- Laureaci Nagrody Nobla 2006 w dziedzinie fizyki:
- John C. Mather (ur. w 1945 roku) pracuje w Kosmologicznym Laboratorium Obserwacyjnym w Centrum Lotów Kosmicznych im. Goddarda w Greenbelt, w stanie Maryland. Jego badania koncentrują się na kosmologii oraz na obserwacjach astronomicznych w podczerwieni.
- George F. Smoot (ur. w 1945 r.) pracuje na Uniwersytecie Kalifornijskim w Berkeley, w Lawrence Berkeley National Laboratory. W pracy naukowej zafascynowała go problematyka mikrofalowego promieniowania tła. Jak mówi, "wybrałem badania nad tym zagadnieniem, gdyż wiedziałem, że to czego się dowiemy, będzie mieć znaczenie fundamentalne".

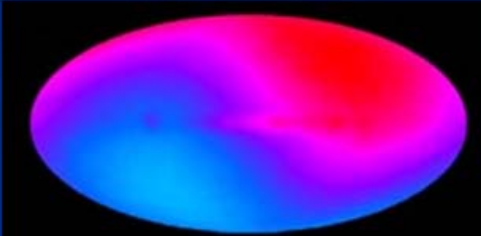


Promieniowanie reliktowe - Nobel z fizyki 2006

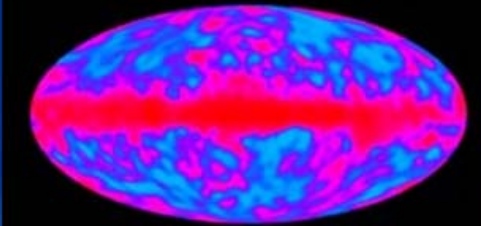
Fot. 1. W pierwszym przybliżeniu promieniowanie jest izotropowe ($\Delta T \approx 1$ K)



Fot. 2. Wpływ ruchu Ziemi względem „globalnego” układu z prędkością 337 km/s ($\Delta T \approx 1$ mK) – ANIZOTROPIA DIPOLOWA (dwa bieguny: ciepły i zimny) wynosi 0,08% - prawie jedną tysięczną.

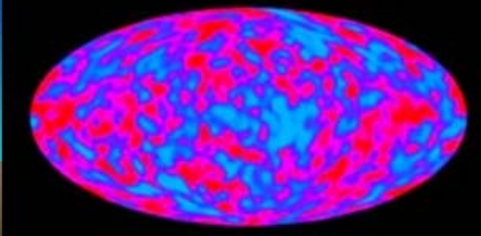


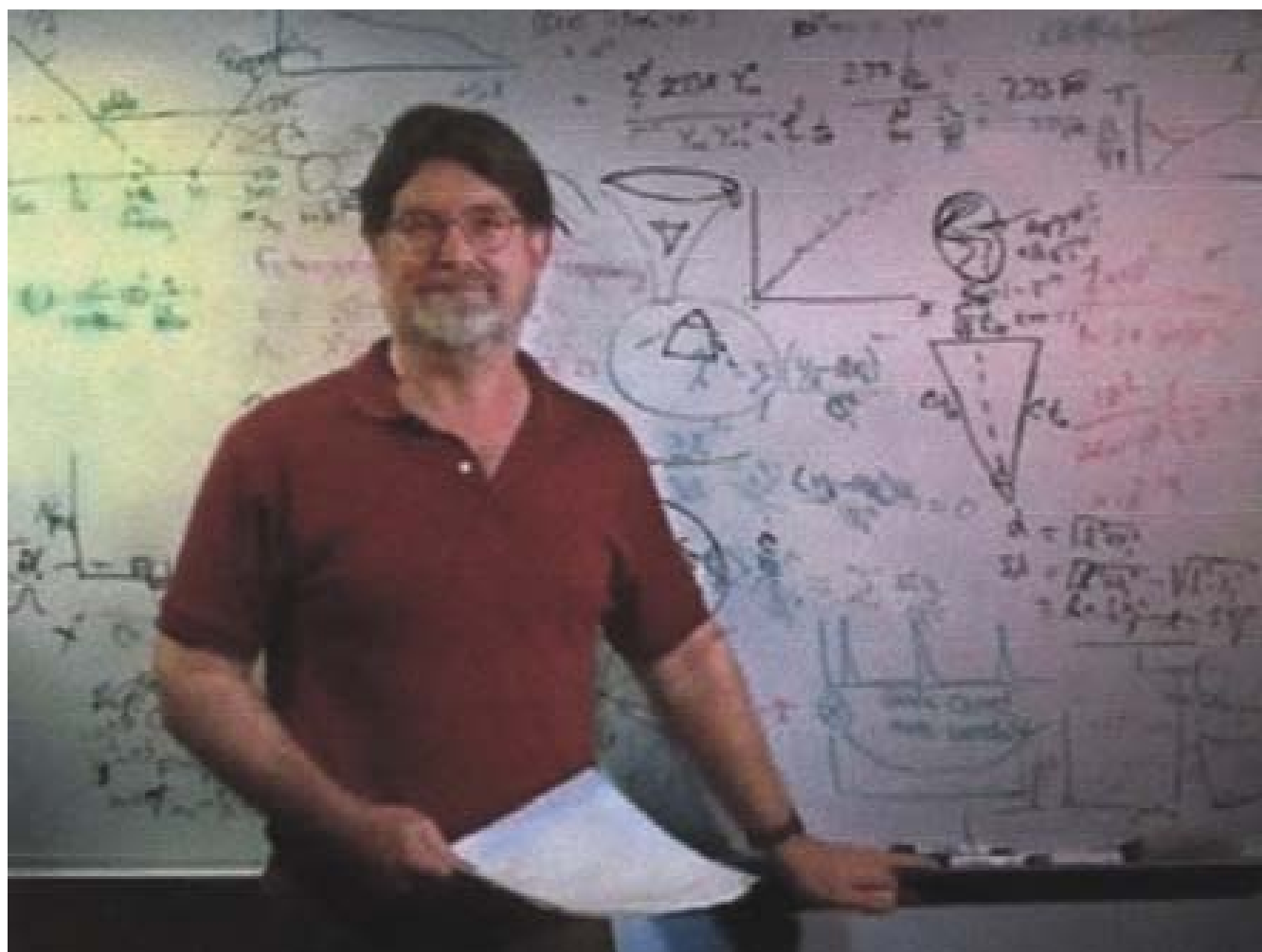
Fot. 3. Mapa po odjęciu sygnału dipolowego (efektu Dopplera); widać płaszczyznę naszej Galaktyki - promieniowanie Galaktyki ($\Delta T \approx 200$ μ K)



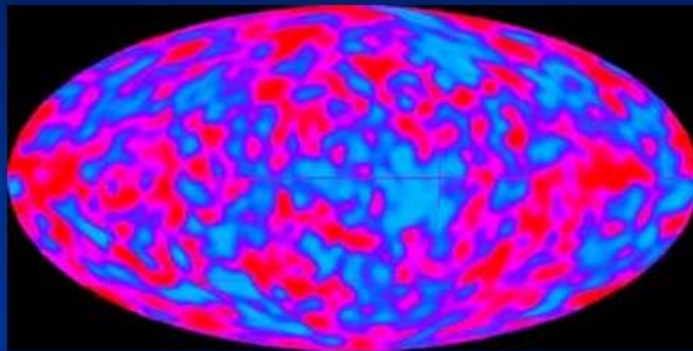
$$\Delta T \sim v / c$$

Fot. 4. Po odjęciu promieniowania Galaktyki i innych znanych źródeł ($\Delta T \approx 100$ μ K) mamy plamisty wzór: ogromne pierwotne koncentracje materii wczesnego Wszechświata. Dla Hawkinga fluktuacje temperatury promieniowania są dowodem istnienia kwantowych fluktuacji w okresie inflacyjnej ekspansji Wszechświata.

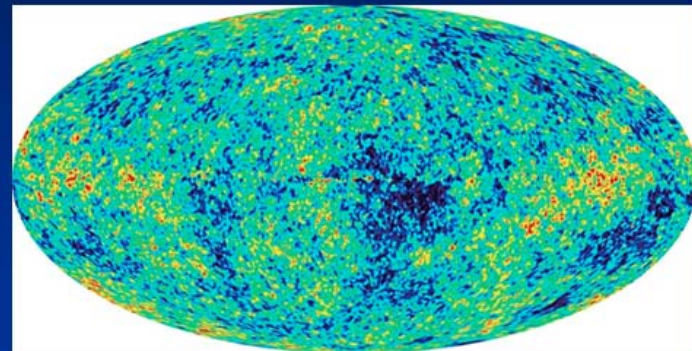




Promieniowanie reliktowe - Nobel z fizyki 2006



*Fluktuacje temperatury
promieniowania relikтового
zaobserwowane
przez satelitę COBE*



*Mapa fluktuacji temperaturowych
wykonana przez satelitę MAP -
Microwave Anisotropy Probe (2001)*