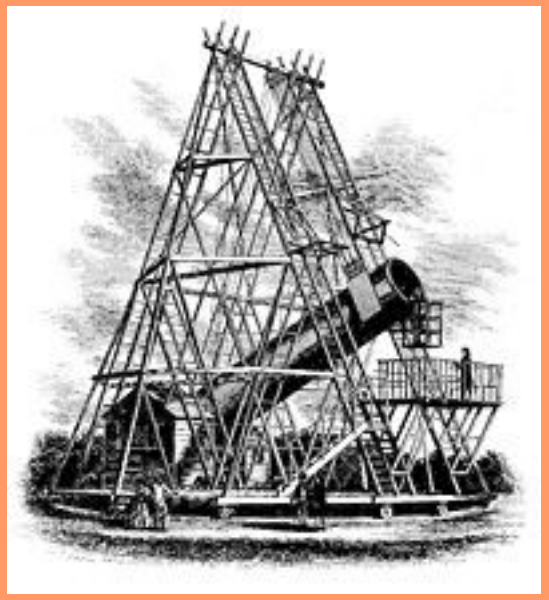
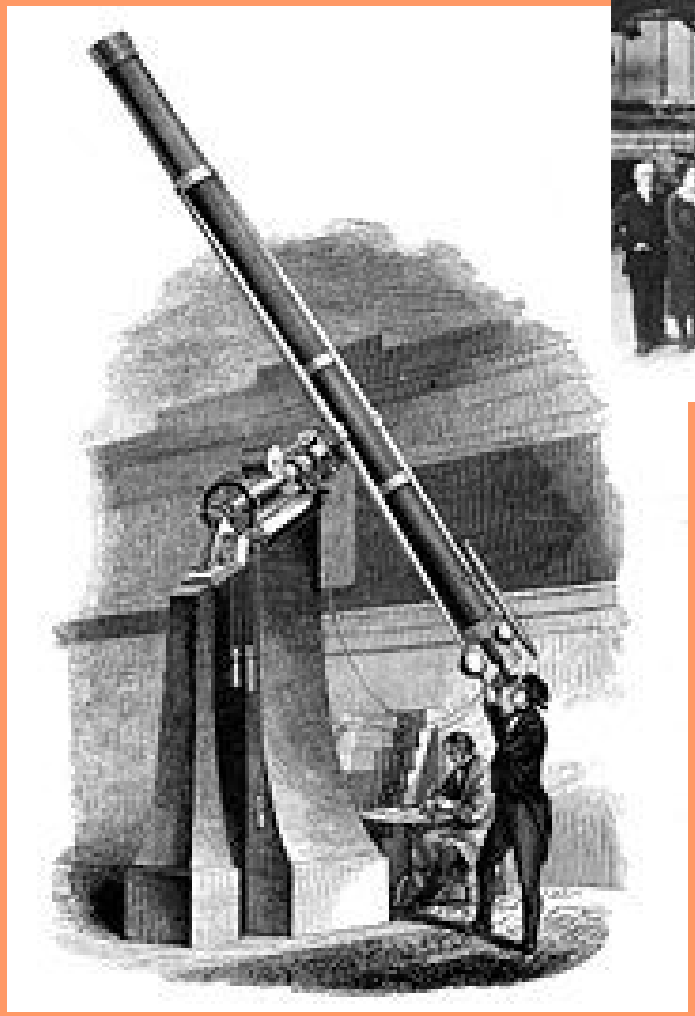
Структура і еволюція Всесвіту

1. Структура

Новосядлий Б.

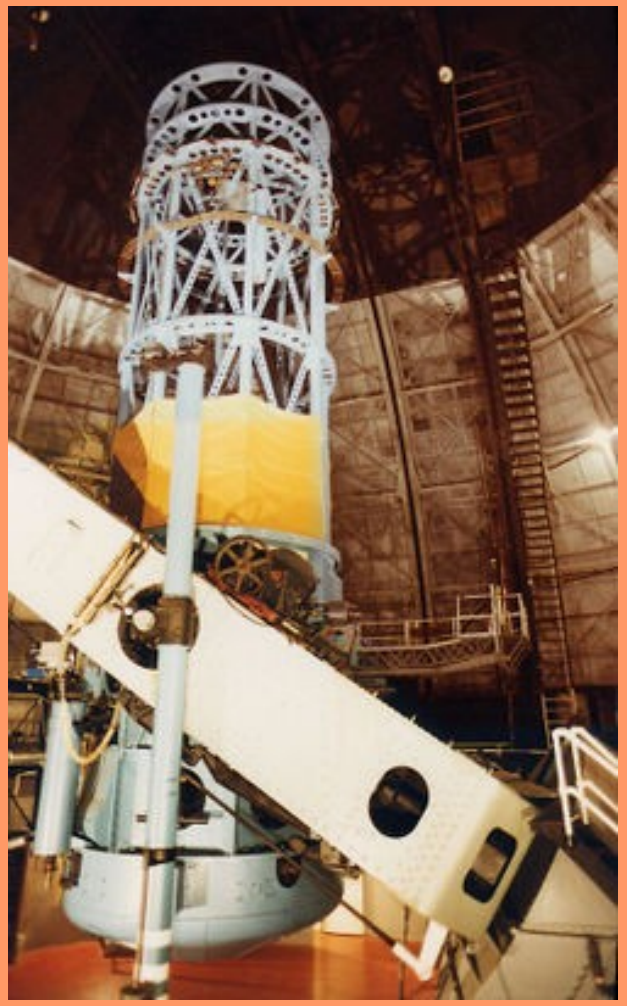
Еволюція телескопів:





XVIII-XIX ст.

Еволюція телескопів:



XX ст.

Еволюція телескопів:

кін. XX — поч. XXI ст.

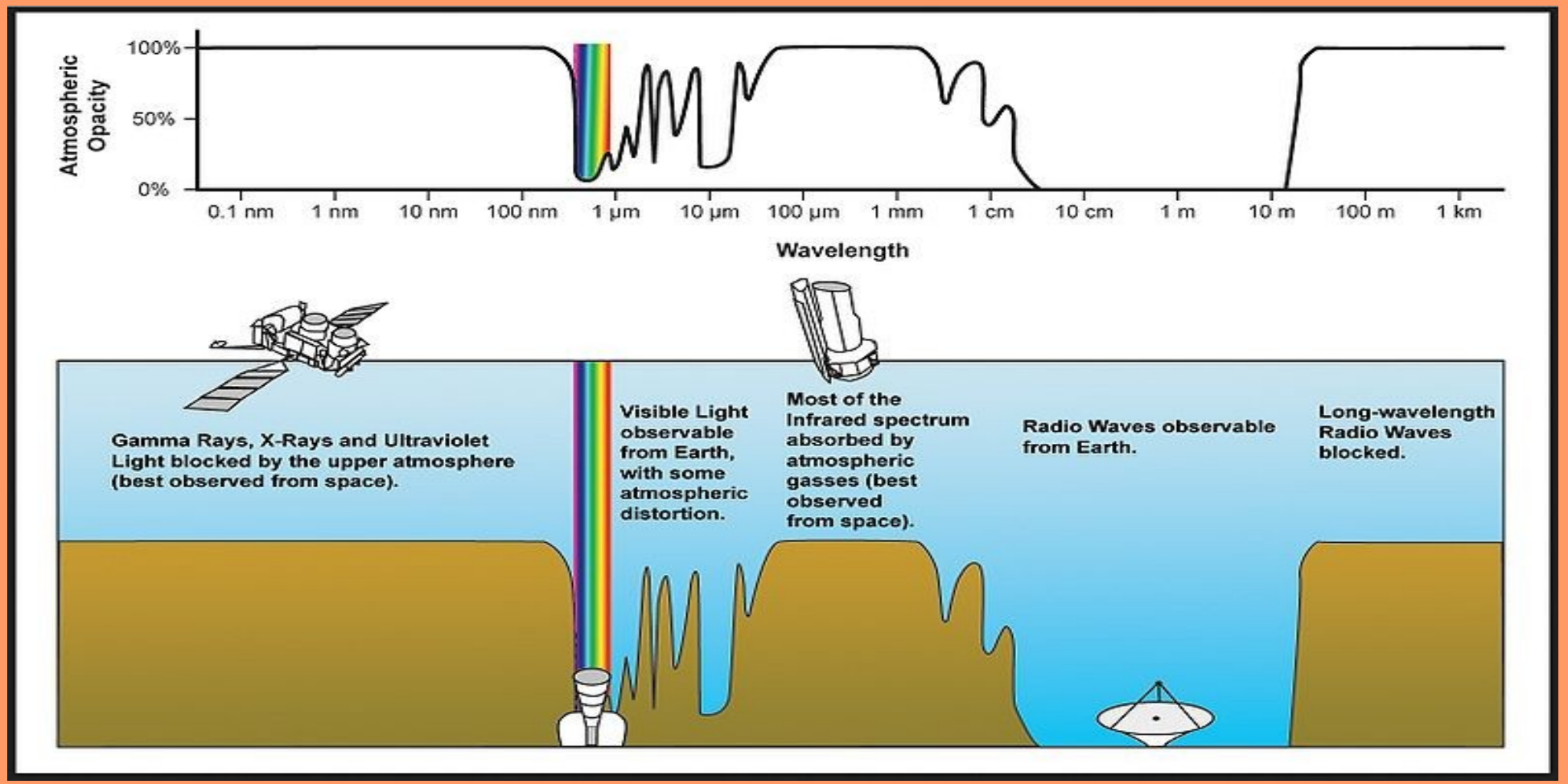
ДВТ, ПЄО, Чілі

КекI і КекII,

Мауна Кеа, Гавайї

Еволюція телескопів:

У 2-ій половині XX ст. Астрономія стала всехвильовою



Космічні телескопи XXI-го ст.

WMAP

Космічний телескоп ім. Габбла

INTEGRAL

1. Великомасштабна структура Всесвіту

Фотометричний парадокс, або чому нічне небо чорне?

Томас Дігес, англ. матем. – 1576

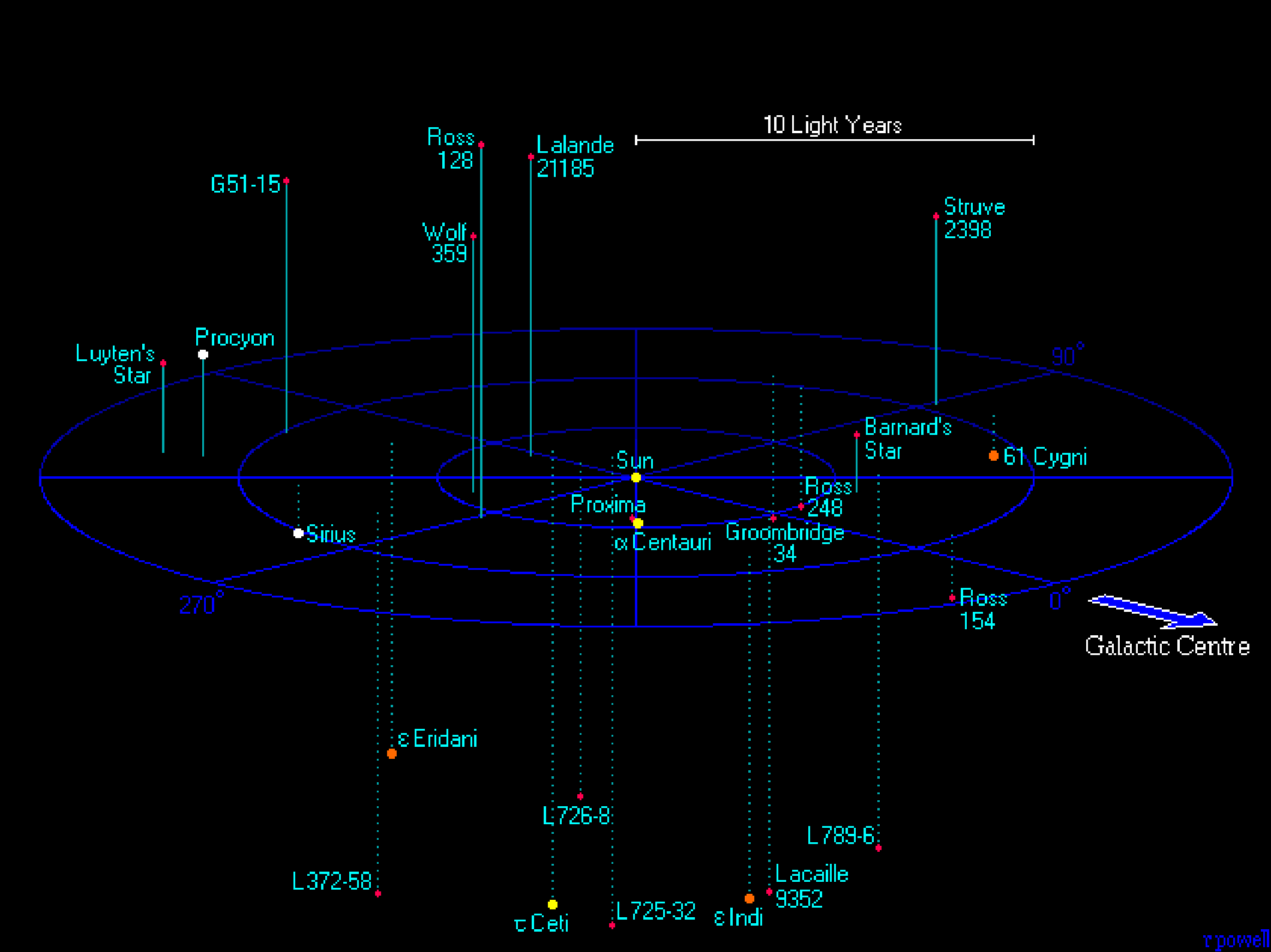
Йоган Кеплер, нім. астрон. і матем. – 1610

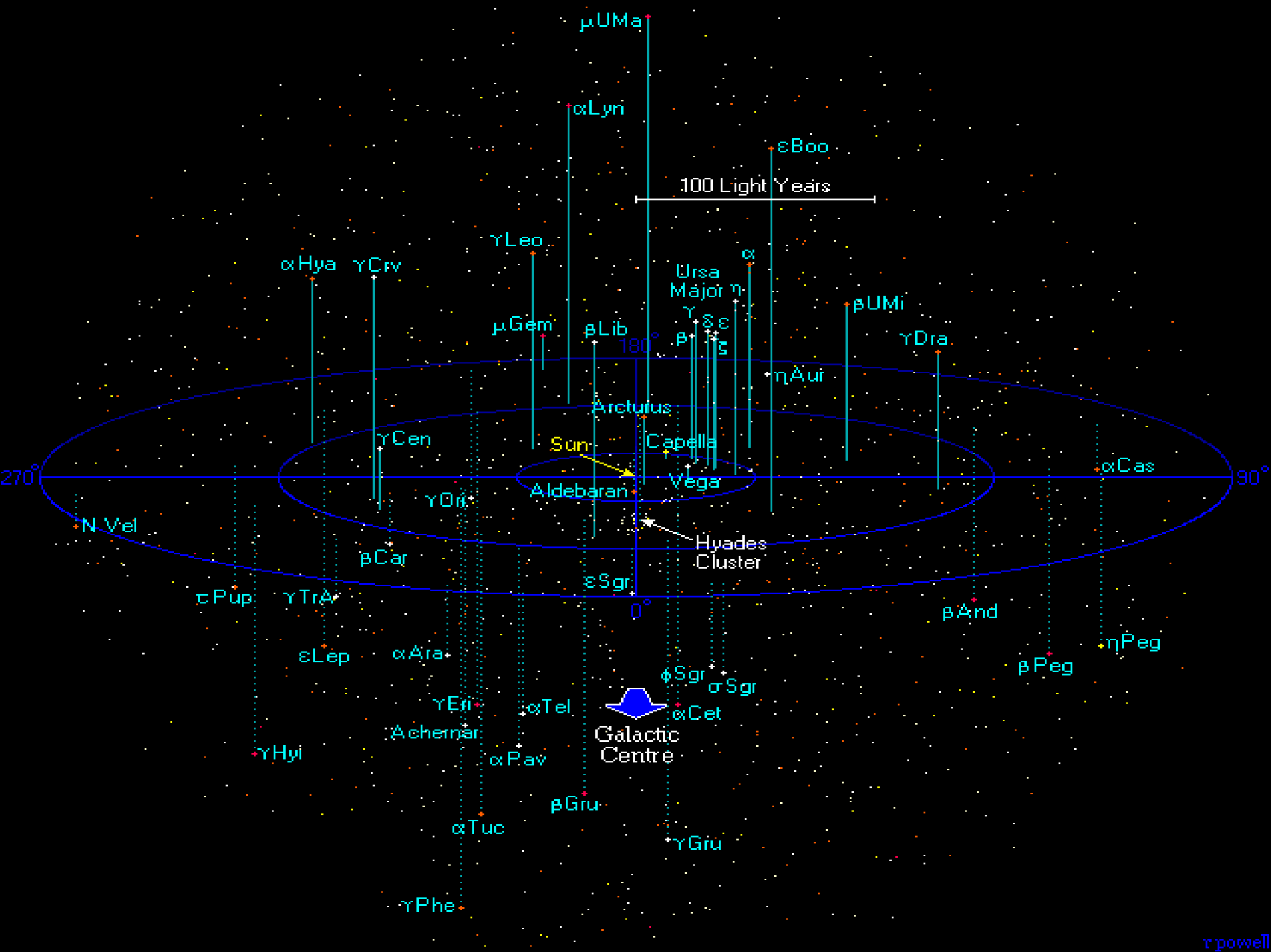
Едмонд Галлей, англ. астрон. і матем – 1740

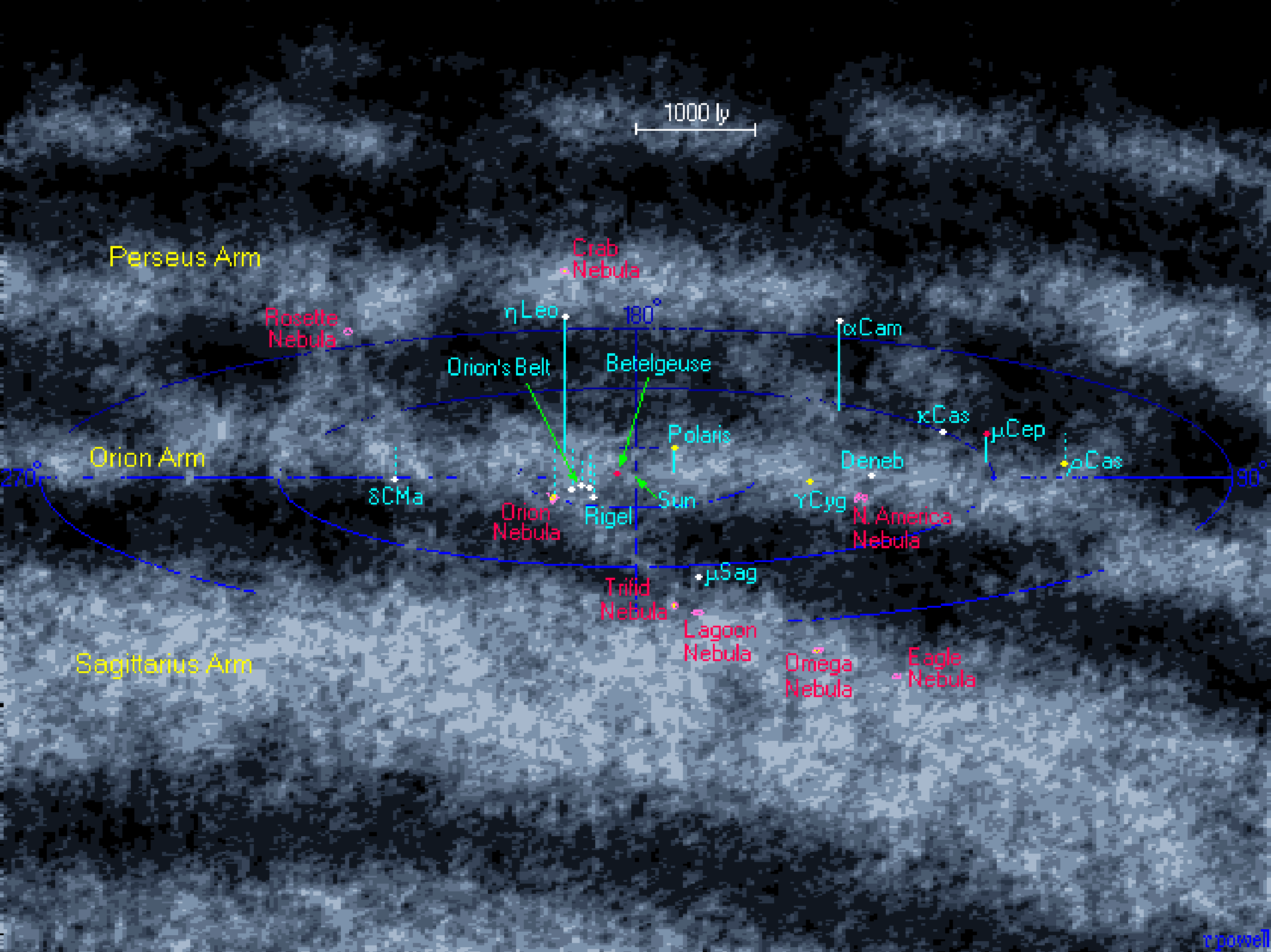
Жан Шезо, швейц. астрон. – 1744

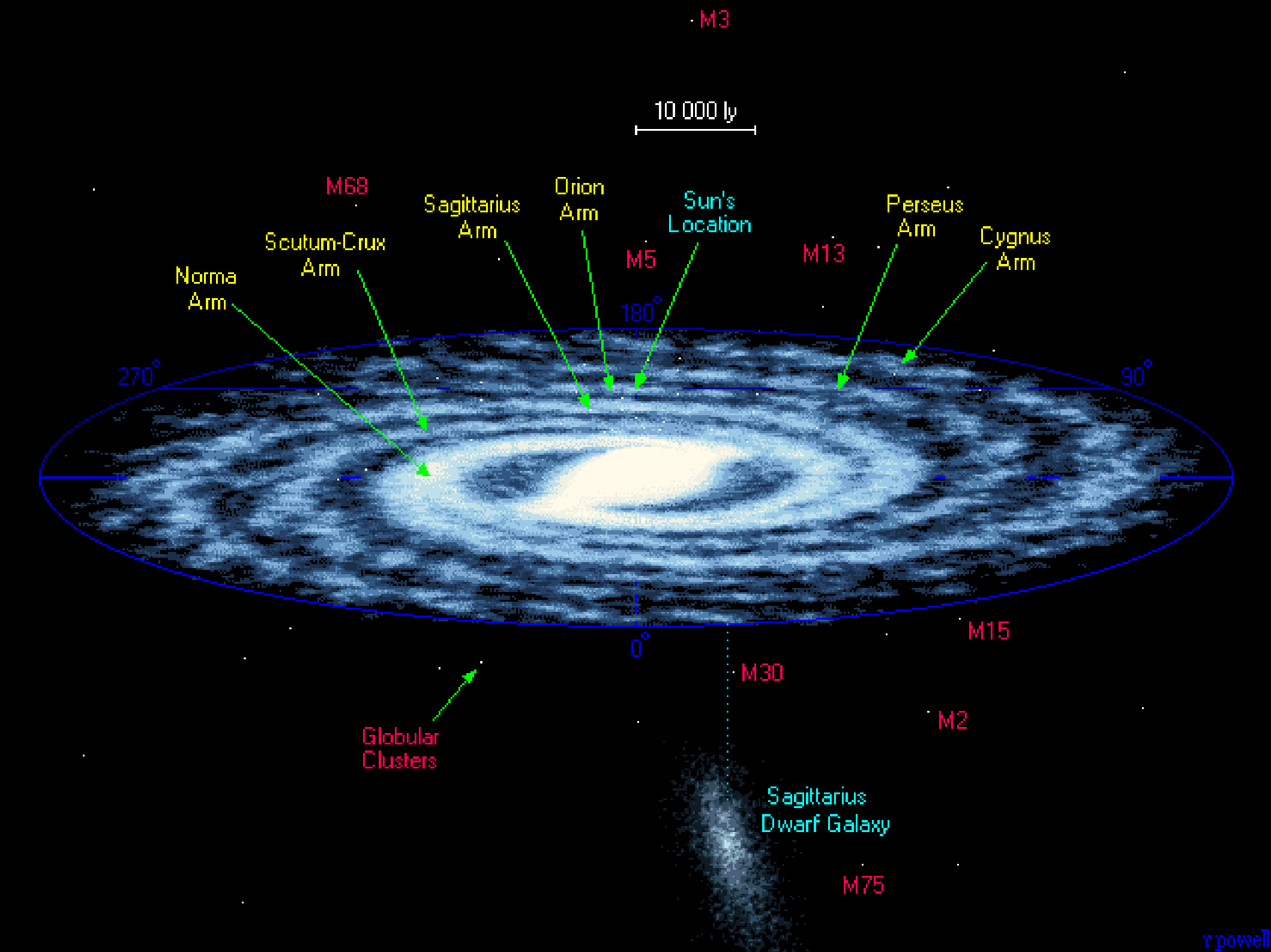
Генрих Ольберс, нім. астрон. і лікар – 1823

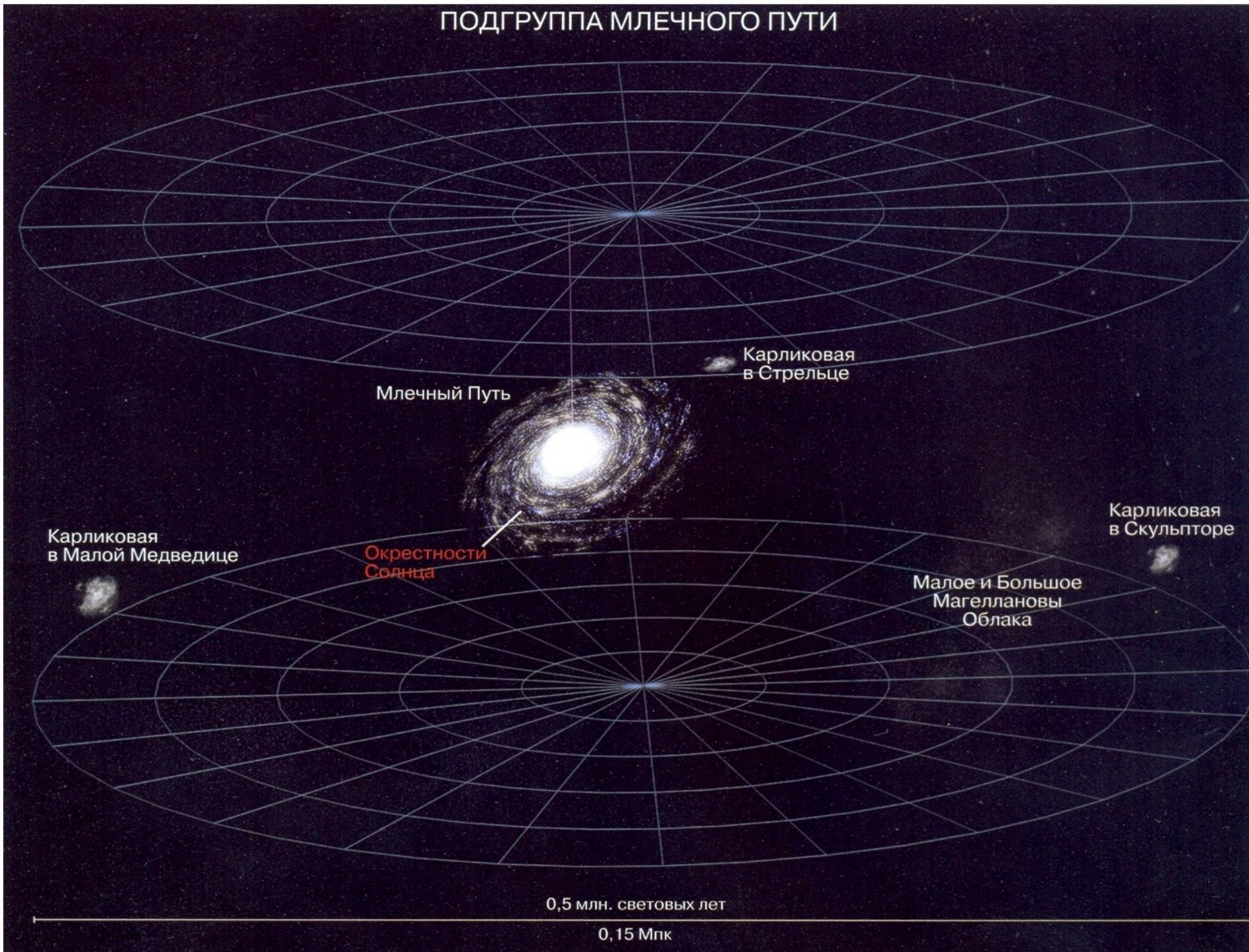
Парадокс Шезо–Ольберса

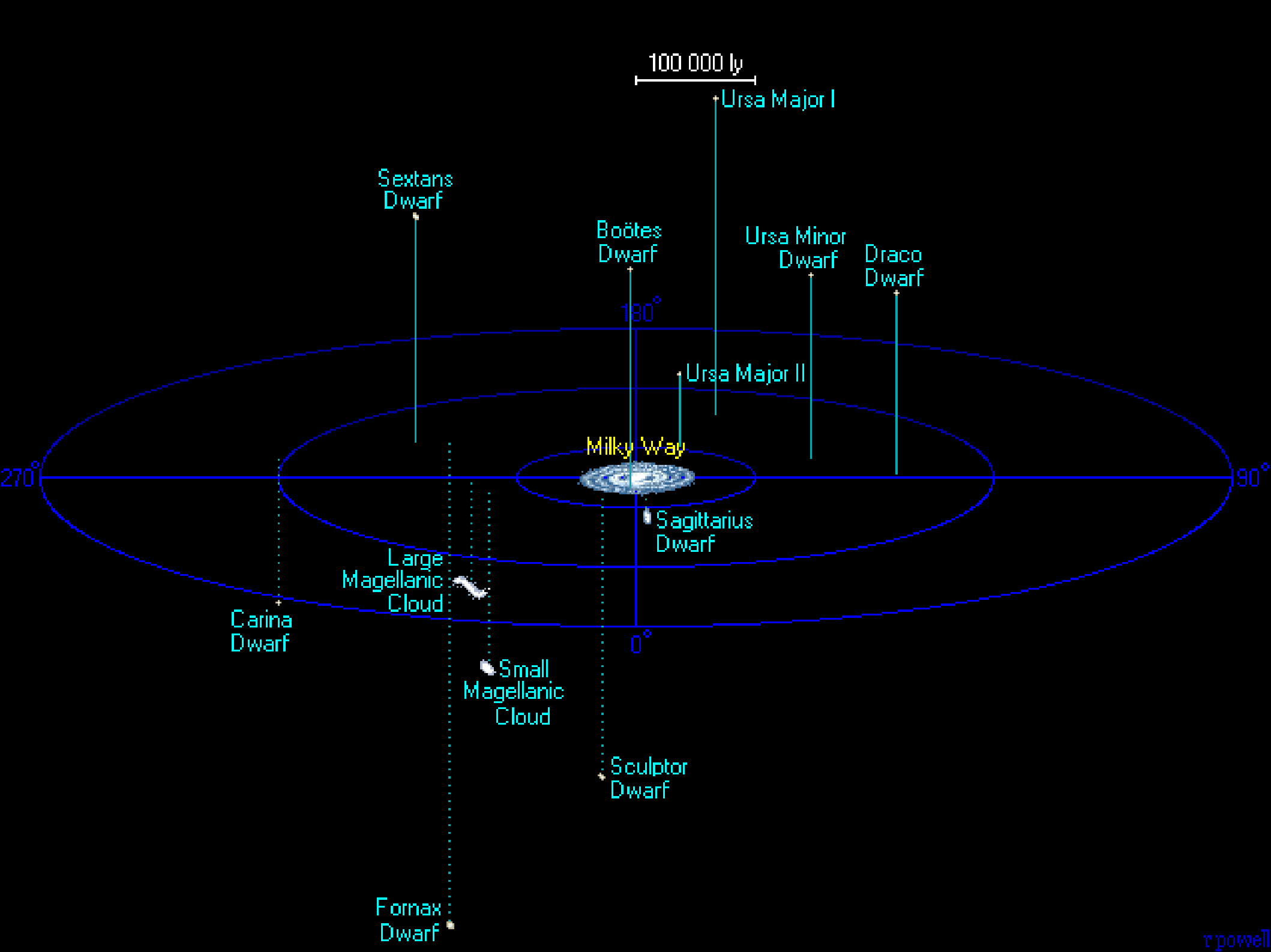

10 Light Years
Ross 128
Lalande 21185
G51-15
Wolf 359
Struve 2398
Luyten's Star
Procyon
90°
Barnard's Star
61 Cygni
Sun
Ross 248
Proxima
Sirius
α Centauri
Groombridge 34
270°
0°
Ross 154
Galactic Centre
ε Eridani
L726-8
L789-6
L372-58
Lacaille 9352
τ Ceti
L725-32
ε Indi

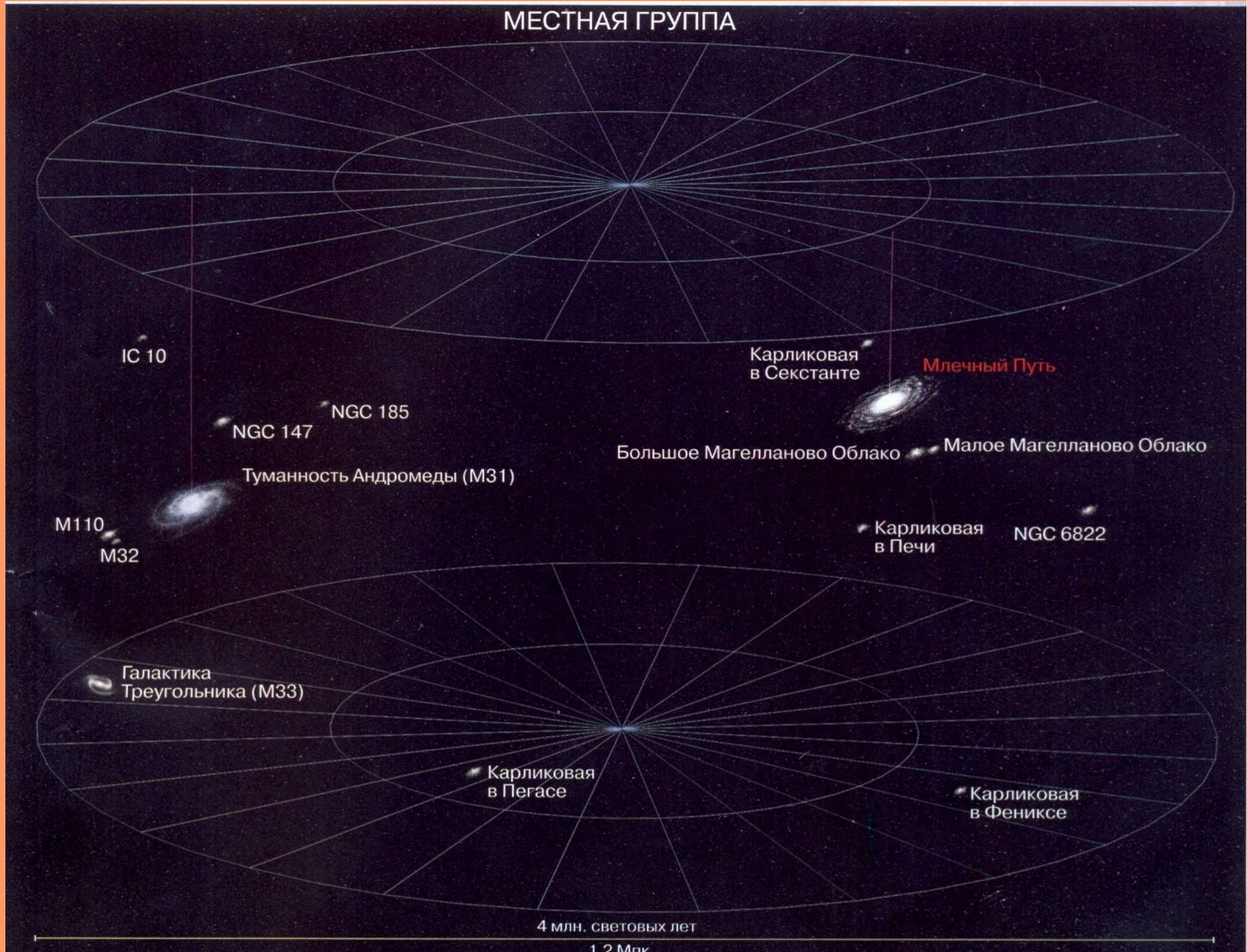

μUMa
αLyr
εBoo
100 Light Years
γLeo
αHya
γCrv
Ursa
Major
α
η
γ
δ
ε
ζ
β
βUMi
μGem
βLib
180°
γDra
ηAur
Arcturus
γCen
Sun
Capella
270°
αCas
90°
Vega
Aldebaran
γOri
N Vel
Hyades
Cluster
βCar
εSgr
0°
αPup
γTrA
βAnd
ηPeg
εLep
αAra
βPeg
φSgr
σSgr
γEri
αTel
αCet
Achernar
Galactic
Centre
γHyi
αPav
βGru
αTuc
γGru
γPhe

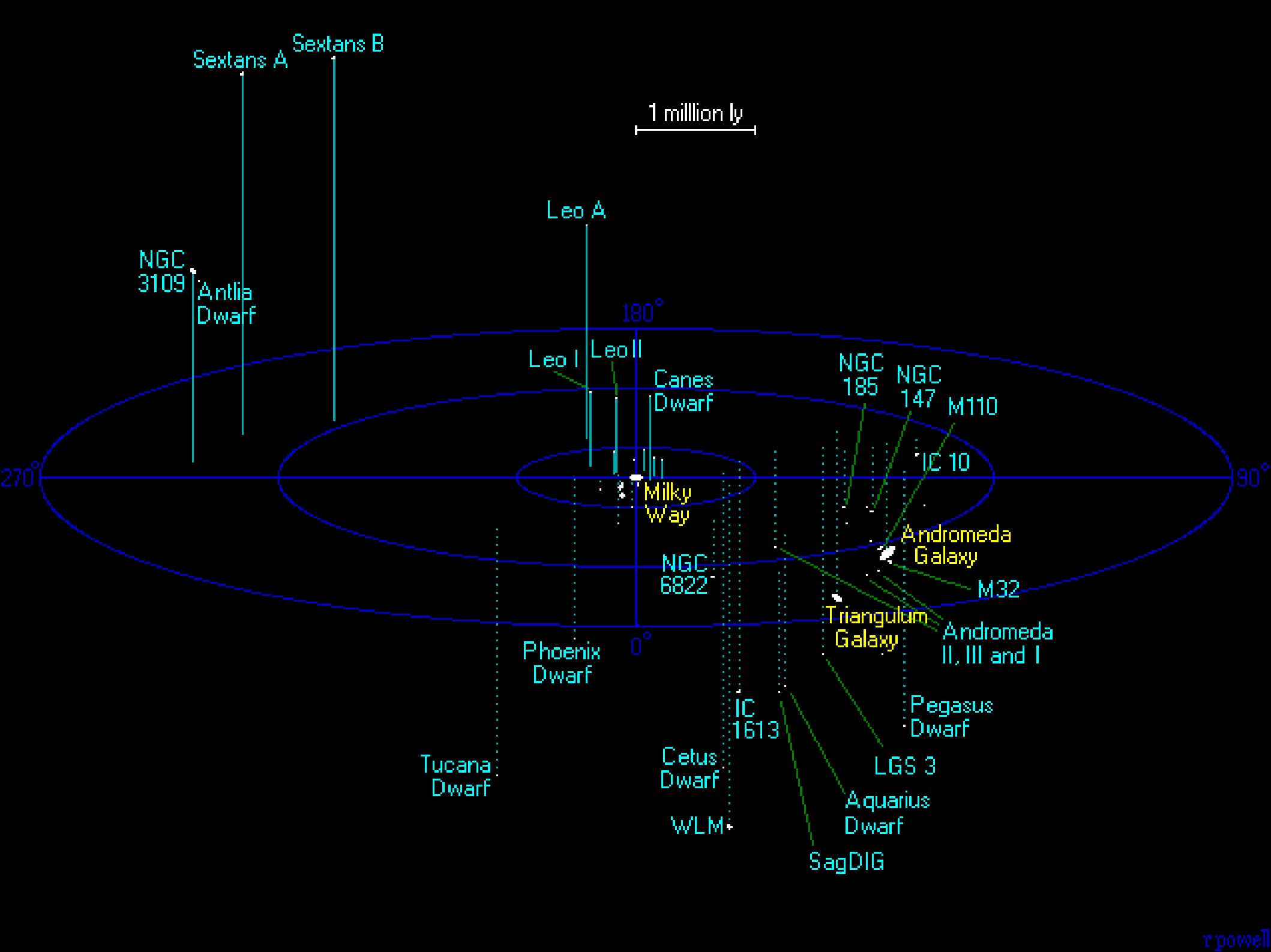

1000 ly
Perseus Arm
Crab Nebula
Rosette Nebula
η Leo
180°
αCam
Orion's Belt
Betelgeuse
κCas
μCep
Polaris
Orion Arm
Deneb
ρCas
270°
90°
δCMa
γCyg
Sun
Orion Nebula
Rigel
N. America Nebula
μSag
Trifid Nebula
Lagoon Nebula
Omega Nebula
Eagle Nebula
Sagittarius Arm
r.powell


M3
10 000 ly
M68
Sagittarius Arm
Orion Arm
Sun's Location
Perseus Arm
Cygnus Arm
Scutum-Crux Arm
Norma Arm
M5
M13
180°
270°
90°
0°
M15
M30
M2
Globular Clusters
Sagittarius Dwarf Galaxy
M75
rpowell


ПОДГРУППА МЛЕЧНОГО ПУТИ
Карликовая
в Стрельце
Млечный Путь
Карликовая
в Малой Медведице
Окрестности
Солнца
Карликовая
в Скульпторе
Малое и Большое
Магеллановы
Облака
0,5 млн. световых лет
0,15 Мпк


100 000 ly
Ursa Major I
Sextans Dwarf
Boötes Dwarf
Ursa Minor Dwarf
Draco Dwarf
180°
Ursa Major II
Milky Way
270°
90°
Sagittarius Dwarf
Large Magellanic Cloud
Carina Dwarf
0°
Small Magellanic Cloud
Sculptor Dwarf
Fornax Dwarf
rpowell


МЕСТНАЯ ГРУППА
IC 10
NGC 185
NGC 147
Туманность Андромеды (M31)
M110
M32
Карликовая в Секстанте
Млечный Путь
Большое Магелланово Облако
Малое Магелланово Облако
Карликовая в Печи
NGC 6822
Галактика Треугольника (M33)
Карликовая в Пегасе
Карликовая в Фениксе
4 млн. световых лет
1,2 Мпк


Sextans A
Sextans B
1 milllion ly
Leo A
NGC
3109
Antlia
Dwarf
180°
Leo I
Leo II
Canes
Dwarf
NGC
185
NGC
147
M110
IC 10
270°
90°
Milky
Way
Andromeda
Galaxy
NGC
6822
M32
Triangulum
Galaxy
Andromeda
II, III and I
Phoenix
Dwarf
0°
IC
1613
Pegasus
Dwarf
Tucana
Dwarf
Cetus
Dwarf
LGS 3
Aquarius
Dwarf
WLM
SagDIG

THE SOMBRERO GALAXY

This photo of the Sombrero Galaxy (Messier 104) was obtained on January 30, 2000, with the FORS1 (FOcal Reducer and Spectrograph) instrument mounted at the Cassegrain focus of ANTU, the first 8.2-m VLT Unit Telescope at the ESO Paranal Observatory.

This galaxy is located in the constellation Virgo (The Virgin), at adistance of about 50 million light-years. It is notable for its dominant nuclear bulge, composed primarily of mature stars, and its nearly edge-on disk of stars, gas, and intricately structured dust. The complexity of this dust is most apparent directly in front of the bright nucleus, but is also visible in the dark absorbing lanes throughout the disk.

A large number of small, slightly diffuse light sources can be seen as a swarm around the halo of this galaxy. Most of these objects are globular clusters, similar to those found in our own Galaxy, each containing as many as one million stars. A number of backgroundgalaxies are also visible in the field.

Observational evidence indicates that the Sombrero Galaxy has a black hole of about 1000 million solar masses at its center. The interaction between the black hole and the matter it is slowly accreting is the source of the energetic phenomena observed at the center.

The FORS project is carried out under ESO contract by a consortium of three German astronomical institutes: the Heidelberg State Observatory and the University Observatories of Göttingen and Munich.

FORS1, with its twin (FORS2 at VLT KUEYEN), is the product of one of the most thorough and advanced technological studies ever made of a ground-based astronomical instrument. It measures 3 x 1.5 metres and weighs 2.3 tonnes.

Profiting from the large mirror area and the excellent optical properties of the VLT telescopes, the FORS instruments have been designed to investigate a great variety of objects in the universe, including stars and nebulae in the Milky Way and some of the most distant galaxies. These powerful astronomical instruments are real workhorses for advanced astronomical studies.

Technical information: This photo of the Sombrero Galaxy is based on a composite of three CCD images taken behind three different filters: V (wavelength 554 nm; exposure 2 min), R (657 nm; 2 min) and I (768 nm; 4 min). The image quality is 0.6 - 0.7 arcsec. The field measures about 6.8 x 6.8 arcmin, with North at the top and East to the left.

More information about ESO can be found at URL: http://www.eso.org

THE ESO VERY LARGE TELESCOPE

© EUROPEAN SOUTHERN OBSERVATORY 2000

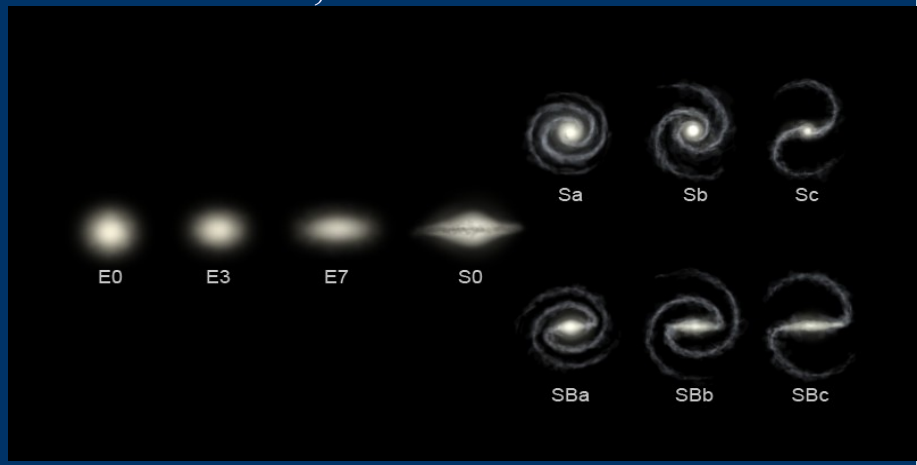
Галактики

Масивна гравітаційно зв'язана система, що складається із зір, міжзоряного газу і пилу, темної матерії (90%).

Масштаби від карликових (10^7 зір) до гігантів (10^{12}).

Мають внутрішню структуру, за якою класифікуються, спектральні особливості.
L ~ 1000 ÷ 100 000 с.р.,
d ~ 1 000 000 с.р.

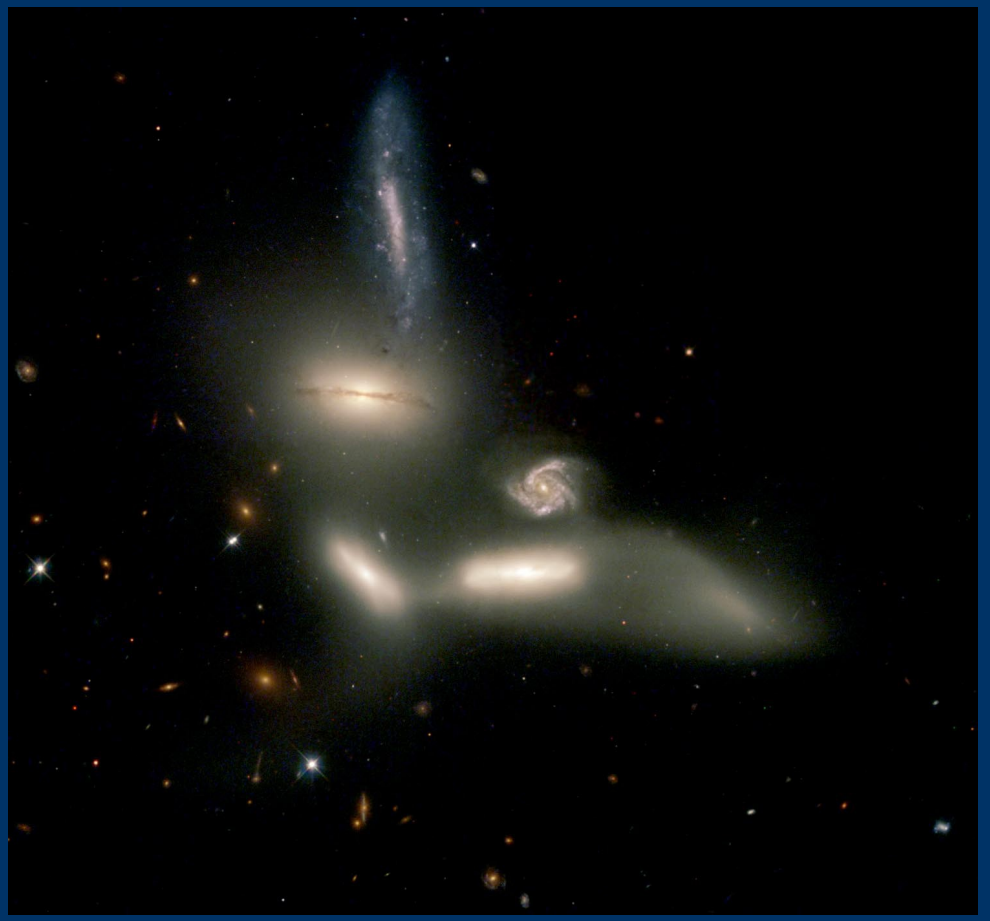
NGC 4414, типова спіральна галактика у Волоссі Вероніки
L ~ 17 кпк, d ~ 20 Мпк



Групи галактик

Групи галактик – найменші сукупності галактик
N ~ 10 гал., L ~ 1÷2 Мпк,
m ~ 10^{13} $M_{\odot}$ <V> ~ 150 км/с

NGC 87, 400 млн с.р.



Секстет Сейферта – компактна група галактик

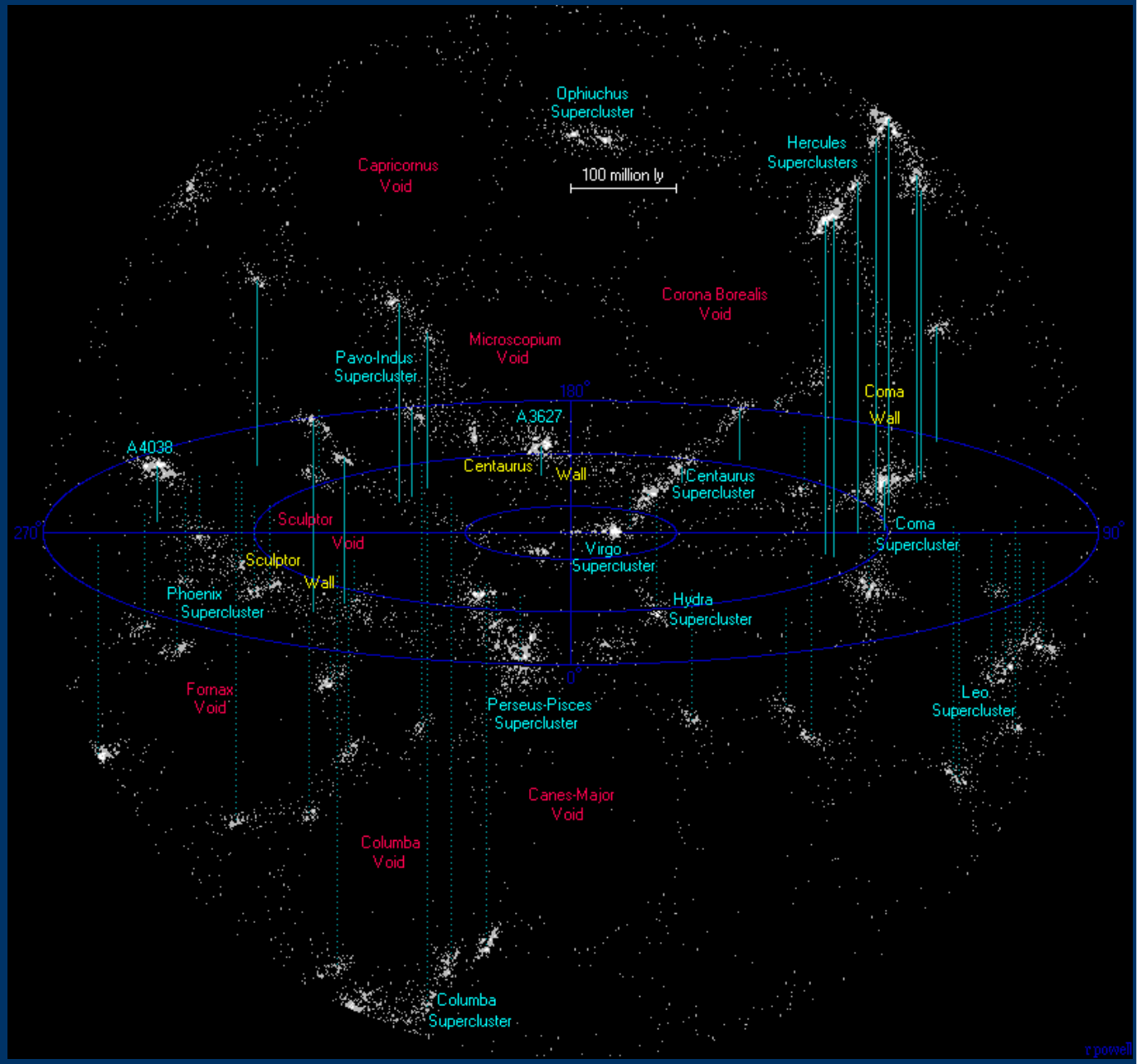
Великомасштабна структура (1980-і):

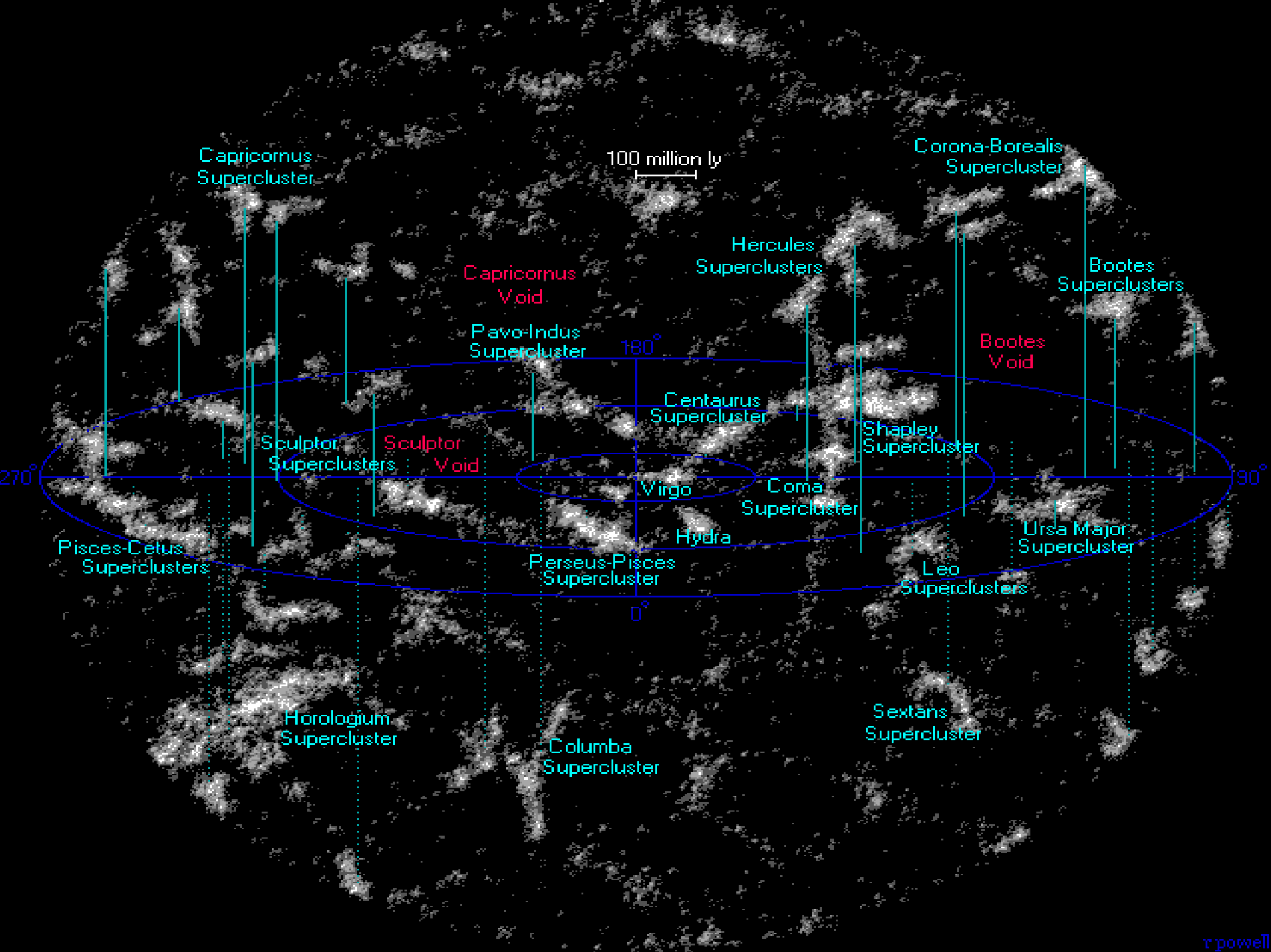
Надскупчення галактик

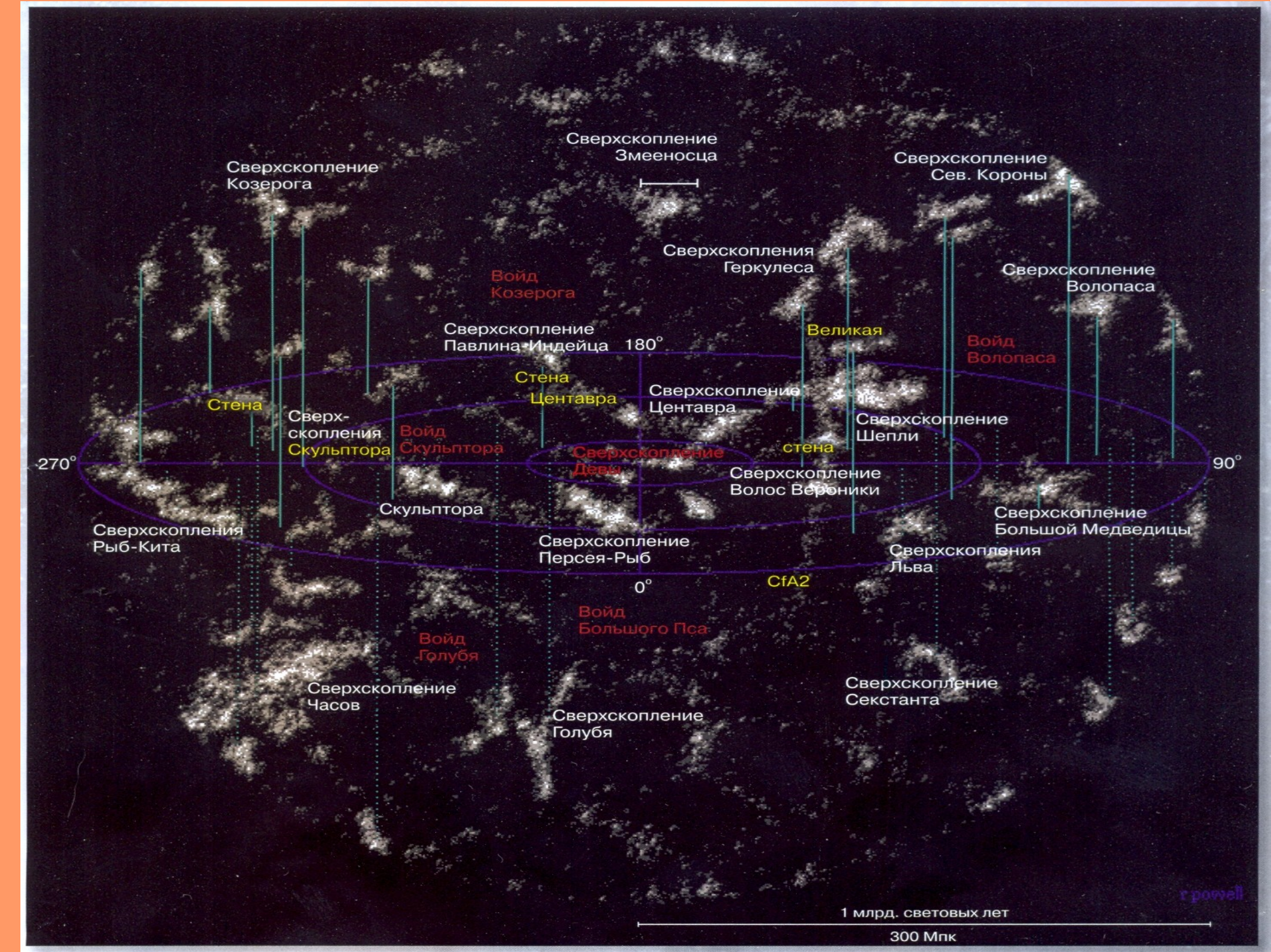
Порожнини

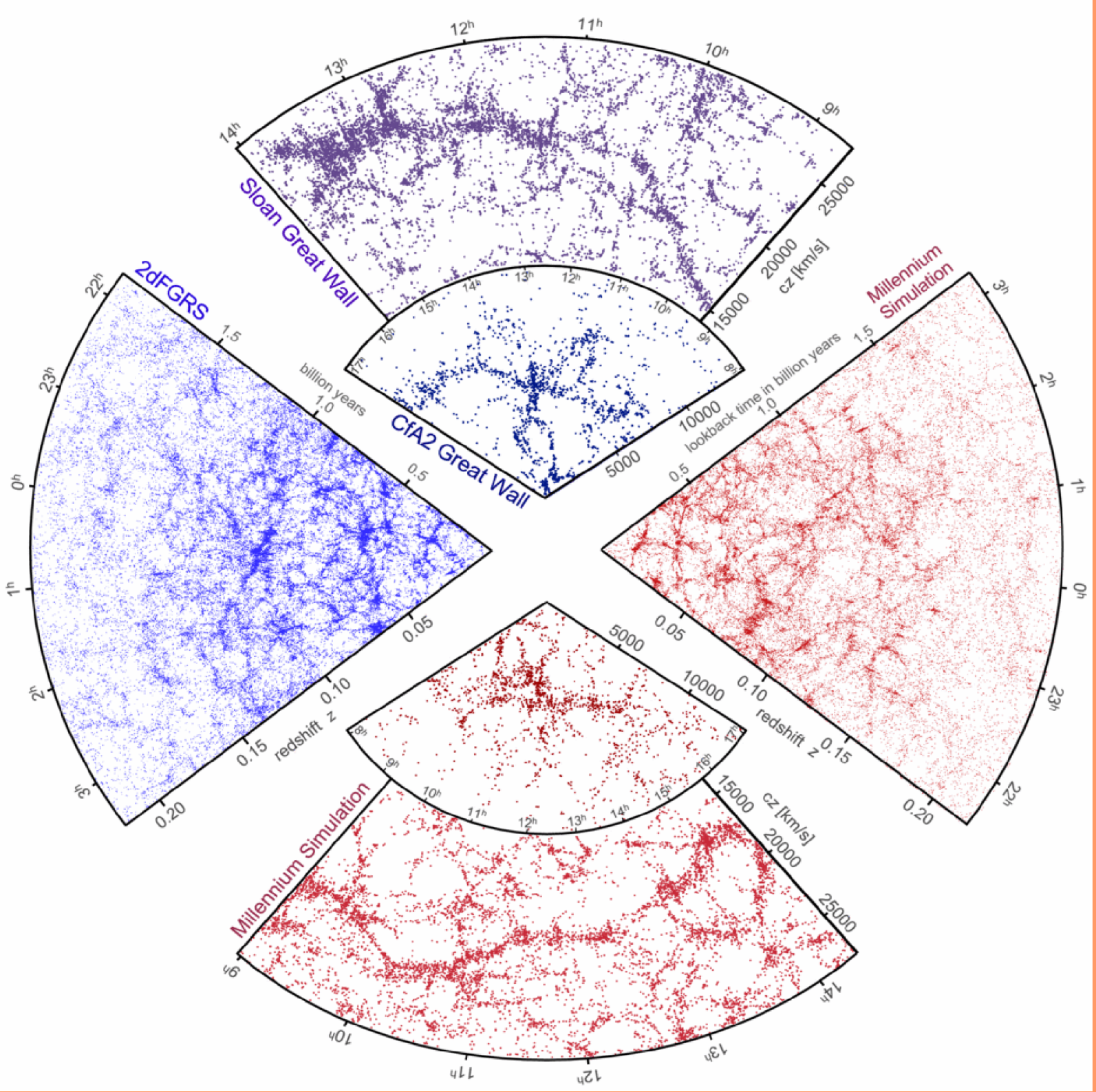
Ланцюжки галактик

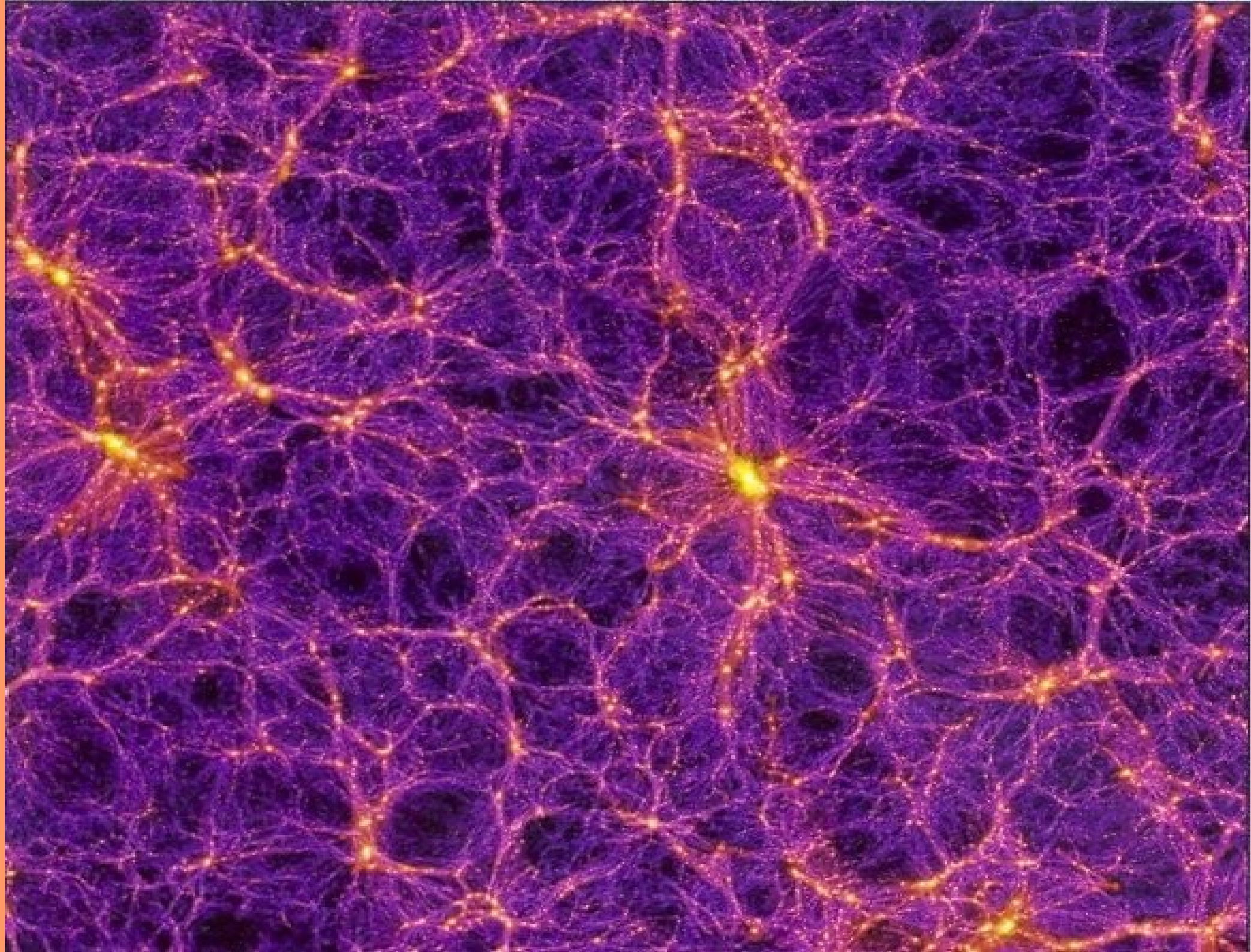
Стінки з галактик

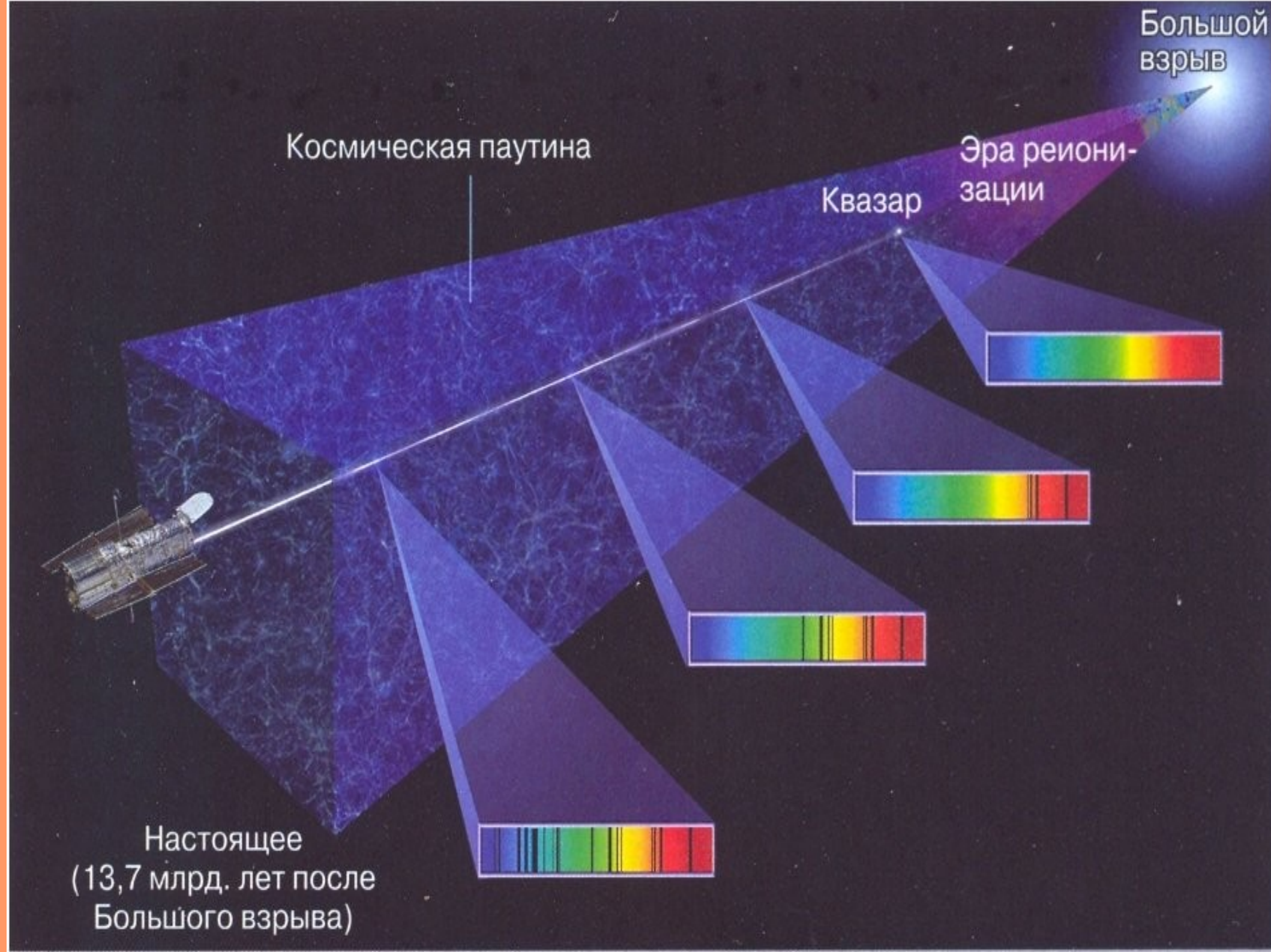


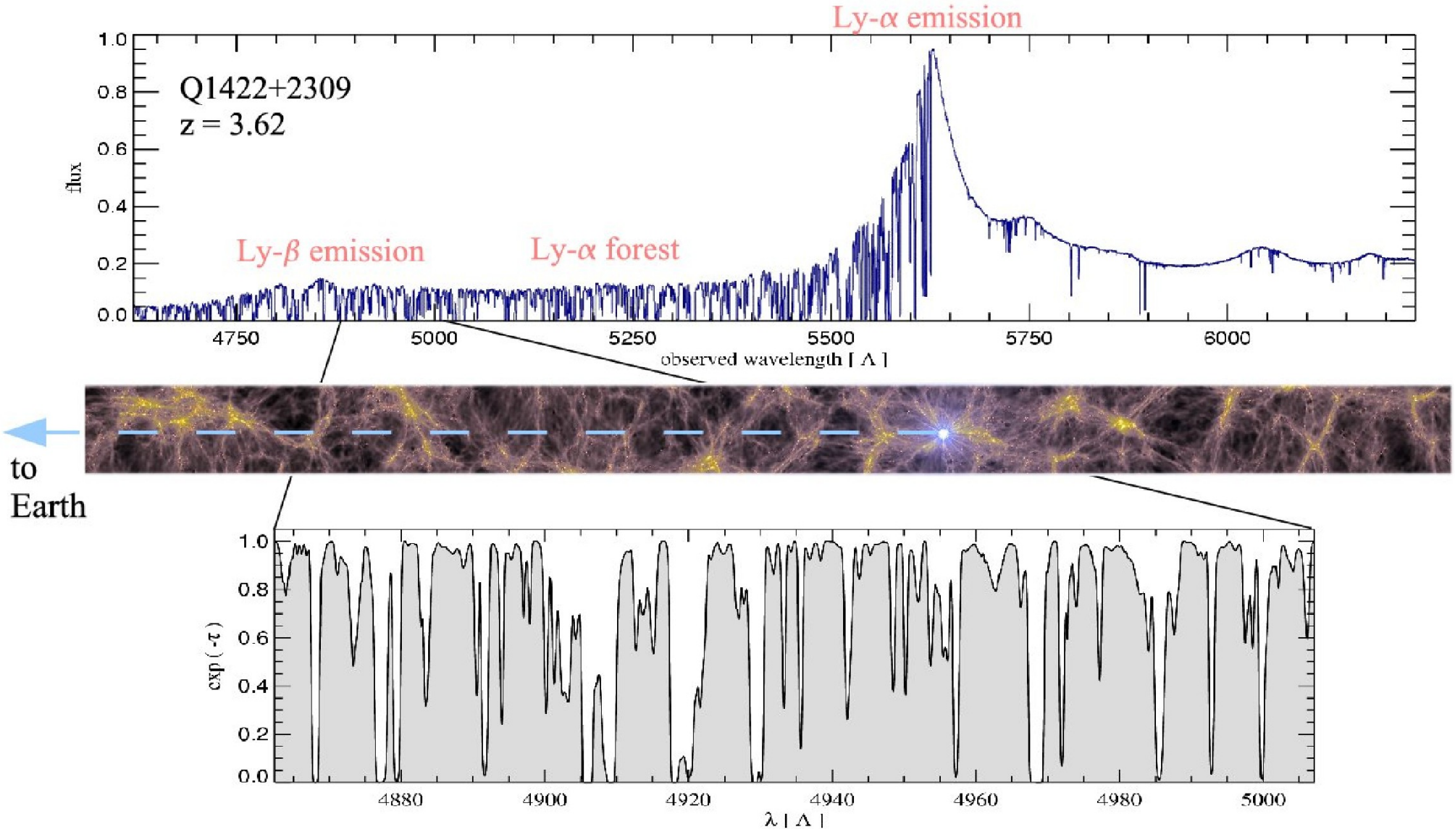

Capricornus Supercluster
100 million ly
Corona-Borealis Supercluster
Hercules Superclusters
Capricornus Void
Bootes Superclusters
Pavo-Indus Supercluster
180°
Bootes Void
Centaurus Supercluster
Shapley Supercluster
Sculptor Superclusters
Sculptor Void
270°
90°
Virgo
Coma Supercluster
Hydra
Ursa Major Supercluster
Pisces-Cetus Superclusters
Perseus-Pisces Supercluster
Leo Superclusters
0°
Horologium Supercluster
Columba Supercluster
Sextans Supercluster
rpowell

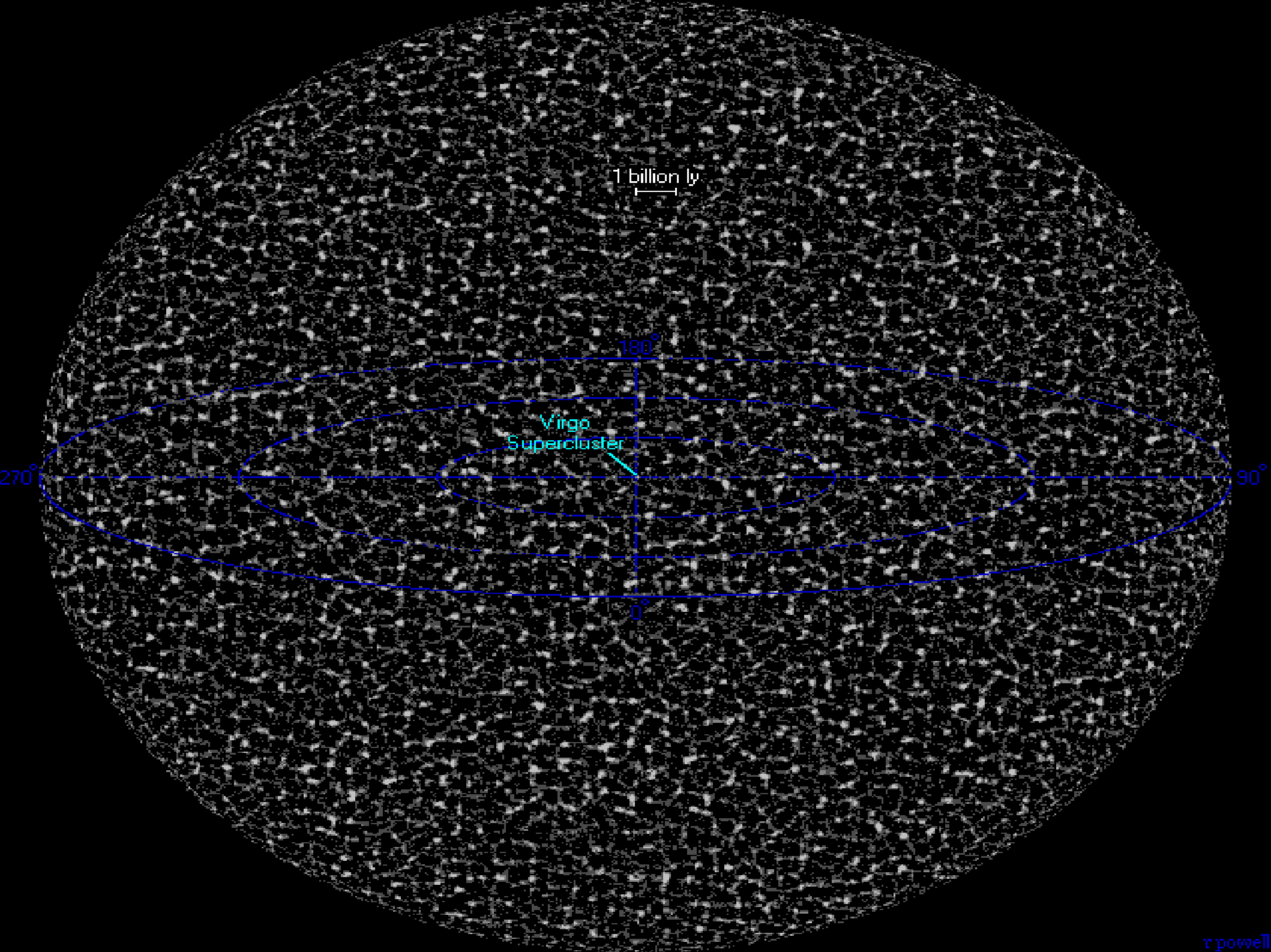

Сверхскопление Змееносца
Сверхскопление Козерога
Сверхскопление Сев. Короны
Сверхскопления Геркулеса
Сверхскопление Волопаса
Войд Козерога
Сверхскопление Павлина-Индейца
180°
Великая
Войд Волопаса
Стена Центавра
Стена
Сверхскопление Центавра
Сверх-скопления Скульптора
Войд Скульптора
Сверхскопление Шепли
270°
Сверхскопление Девы
стена
90°
Сверхскопление Волос Вероники
Скульптора
Сверхскопления Рыб-Кита
Сверхскопление Большой Медведицы
Сверхскопление Персея-Рыб
Сверхскопления Льва
0°
CfA2
Войд Большого Пса
Войд Голубя
Сверхскопление Часов
Сверхскопление Голубя
Сверхскопление Секстанта
r powell
1 млрд. световых лет
300 Мпк


Sloan Great Wall
2dFGRS
CfA2 Great Wall
Millennium Simulation
Millennium Simulation
cz [km/s]
redshift z
billion years
lookback time in billion years




Большой взрыв
Космическая паутина
Эра реионизации
Квазар
Настоящее
(13,7 млрд. лет после
Большого взрыва)


Ly-α emission
Q1422+2309
z = 3.62
flux
Ly-β emission
Ly-α forest
observed wavelength [Å]
to
Earth
exp (-τ)
λ [Å]


1 billion ly
180°
Virgo
Supercluster
270°
90°
0°
rpowell

“Всесвіт однорідний і ізотропний”

1917р., Альберт Айнштайн

“Всесвіт однорідний і ізотропний, закони фізики і фізичні константи одинакові всюди і завжди”

ХХст., сучасна космологія

“Всесвіт, який перебуває у непервному вічному русі, немає ні центра, ні сфери, яка його обмежує, ні верху, ні низу, він однорідний. В різних його частинах панують одинакові закони”

1 пол. XV ст., Микола Кузанський

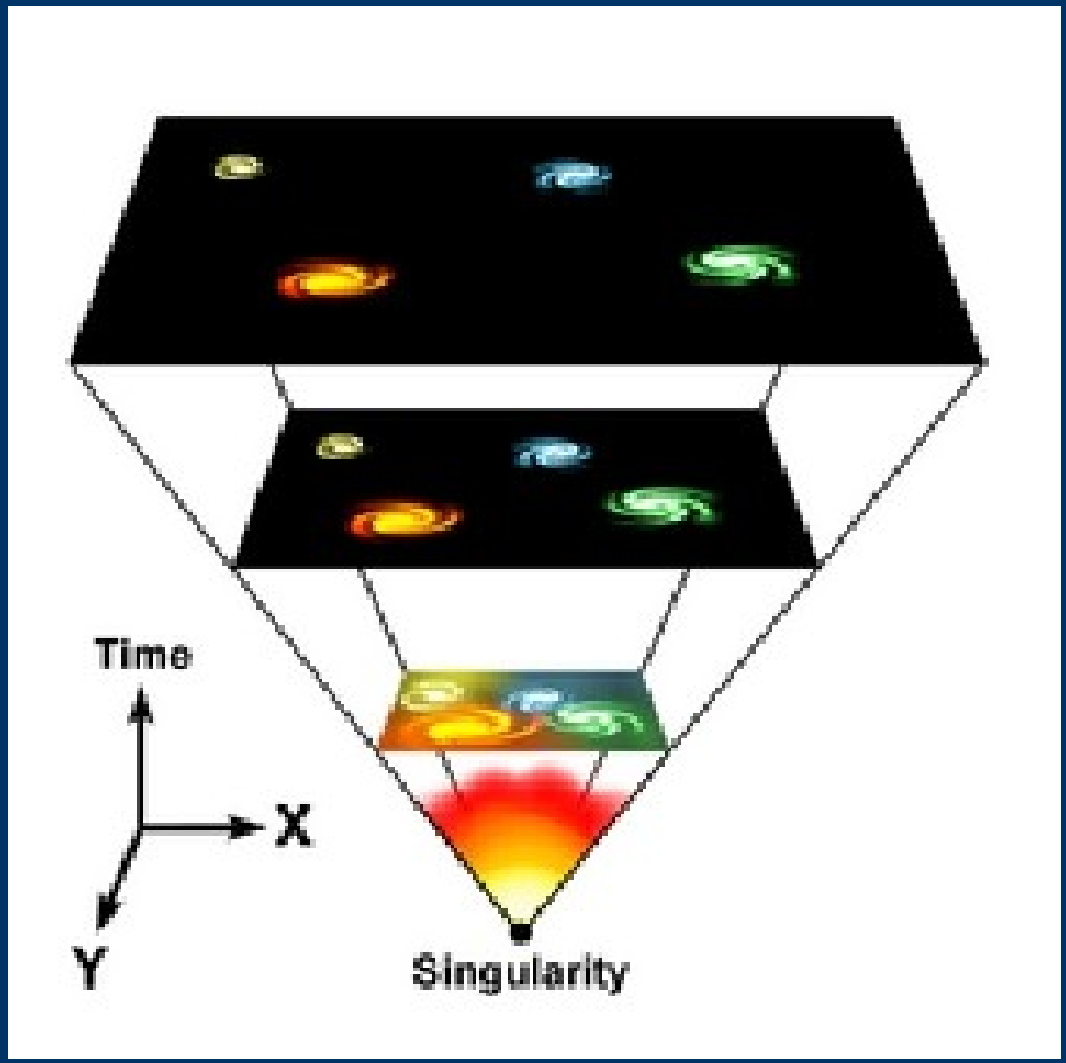
Розбігання галактик (1929 р.):

$$V = H R$$

$t = 1/H$ - вік Всесвіту

$H = 74$ км/с·Мпк

$t = 14$ млрд. років



Проблема сингулярності

Реліктове випромінювання:

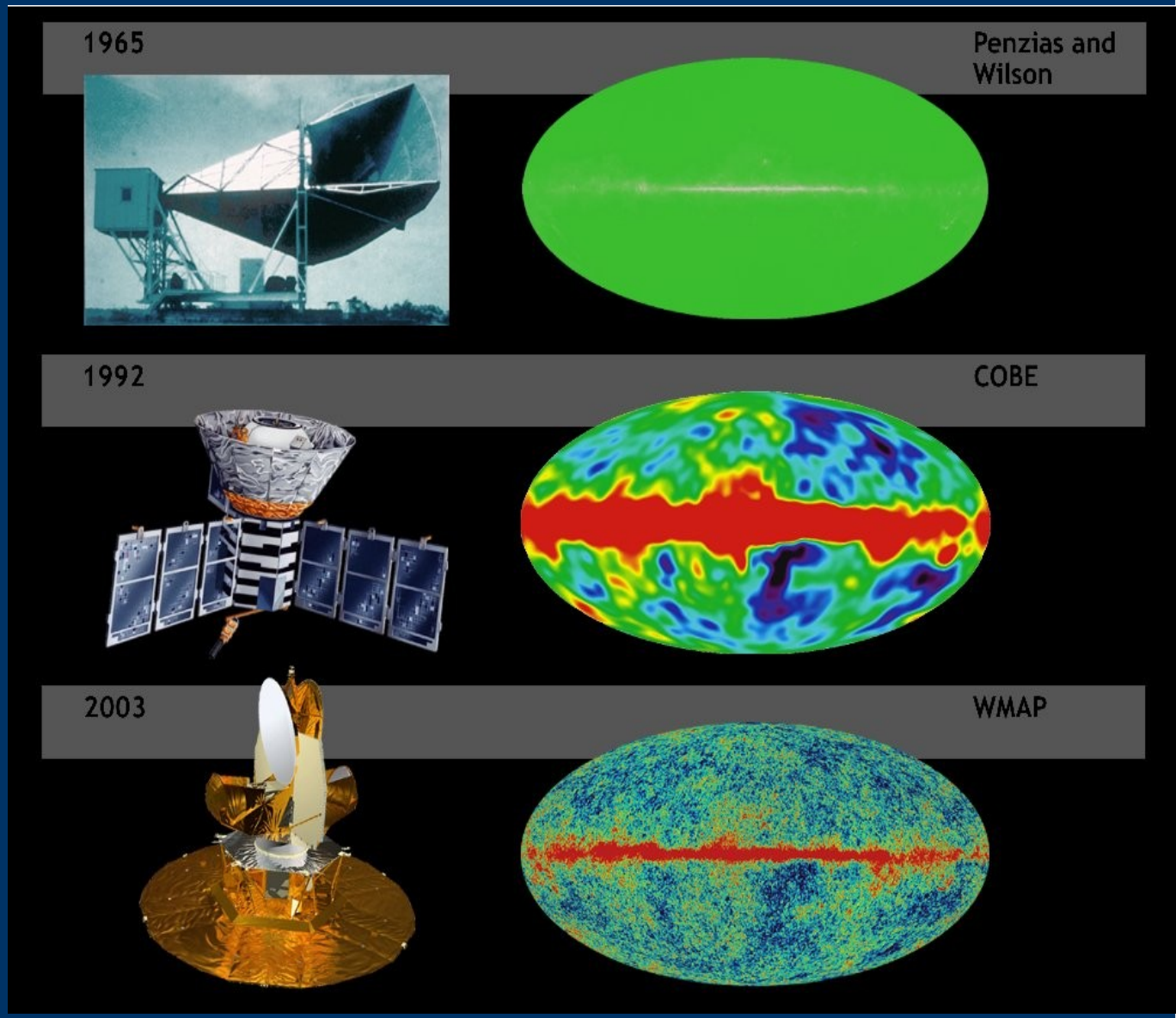
T=2.725±0.001 K

COBE (10°):

$\Delta T/T=0.0000011$

WMAP (0.5°):

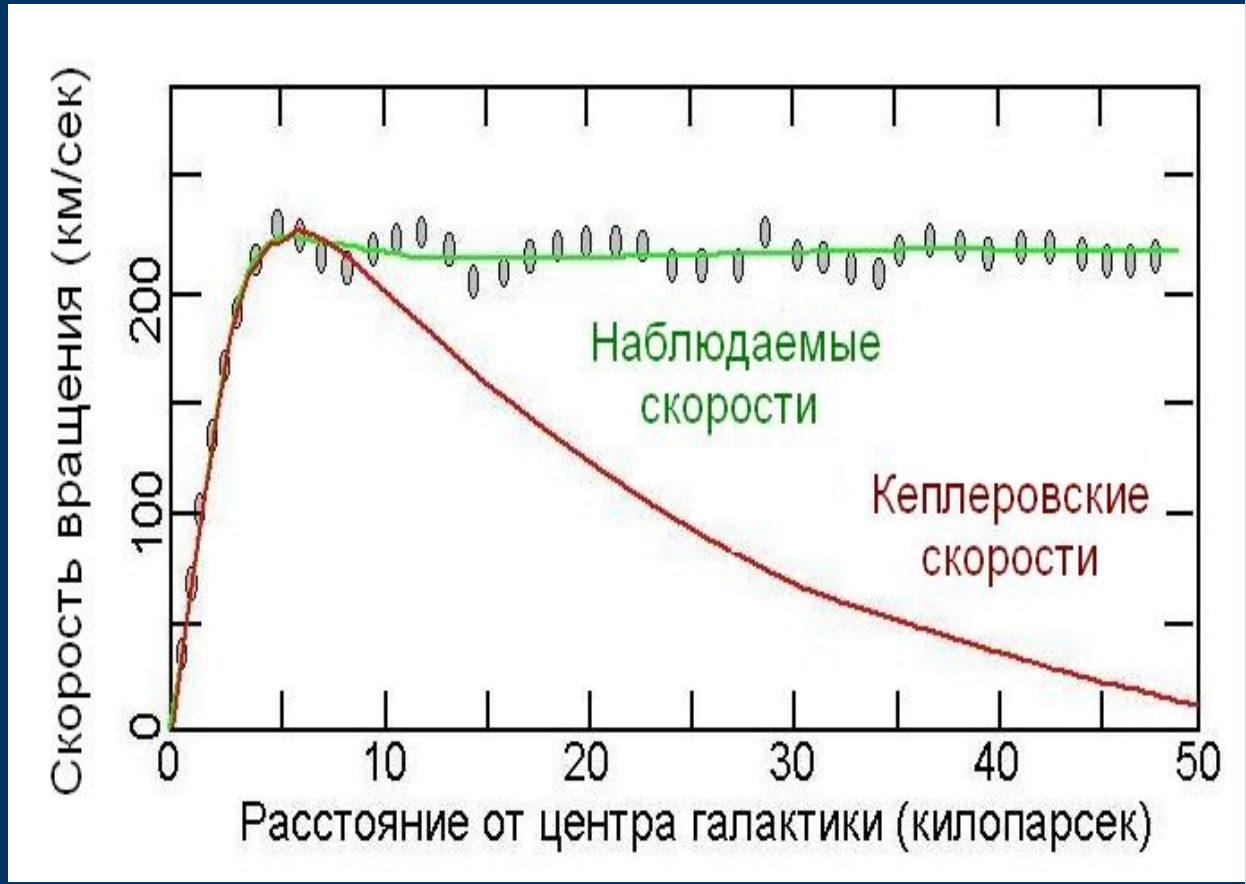
$\Delta T/T=0.000027$



Темна матерія

Фріц Цвіккі, 1933 р.

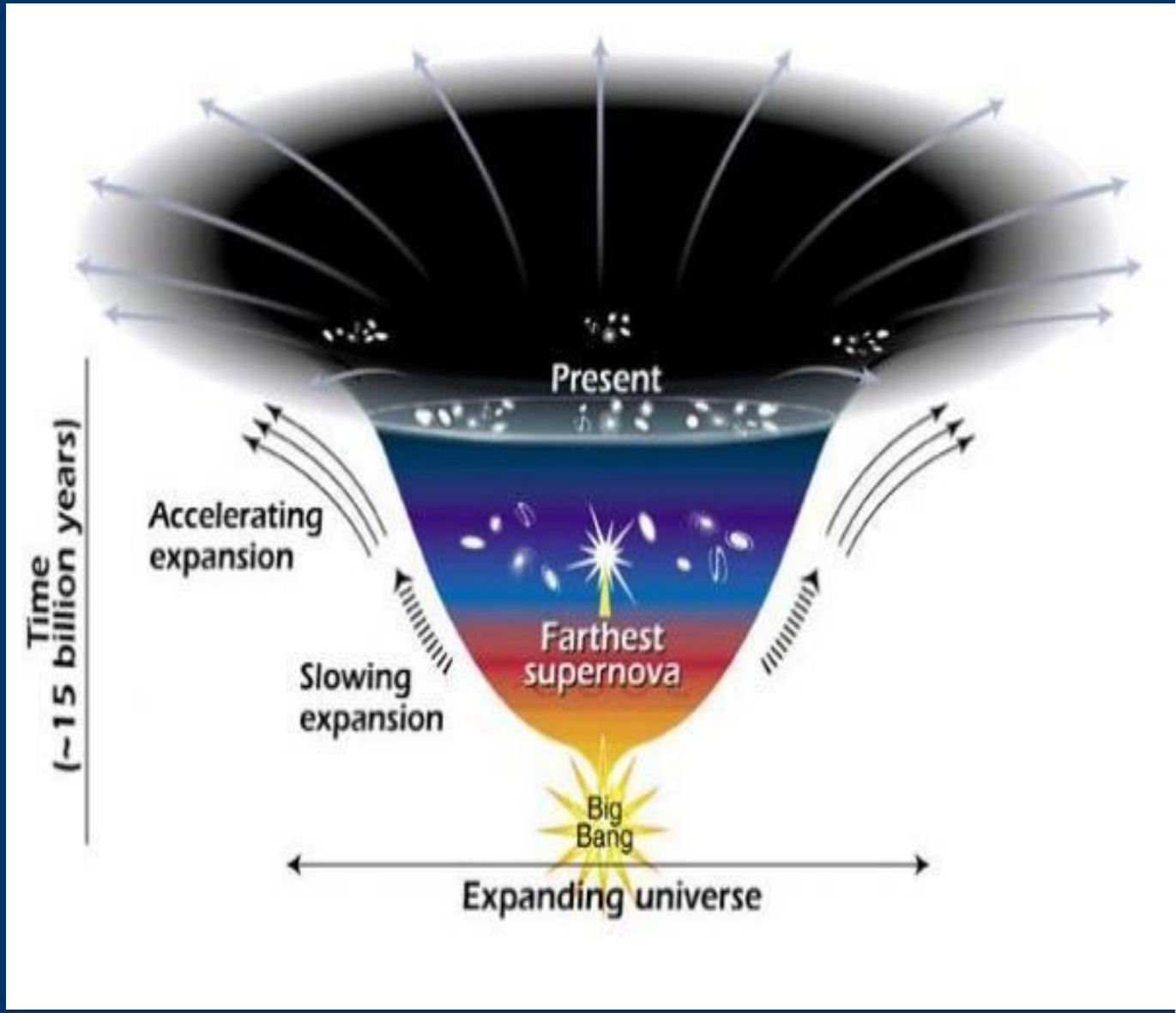
- Обертання галактик
- Динаміка скупчень галактик
- Формування структури Всесвіту



Прискорення розширення Всесвіту. Темна енергія.

1998 р.

Космічний телескоп ім. Габбла

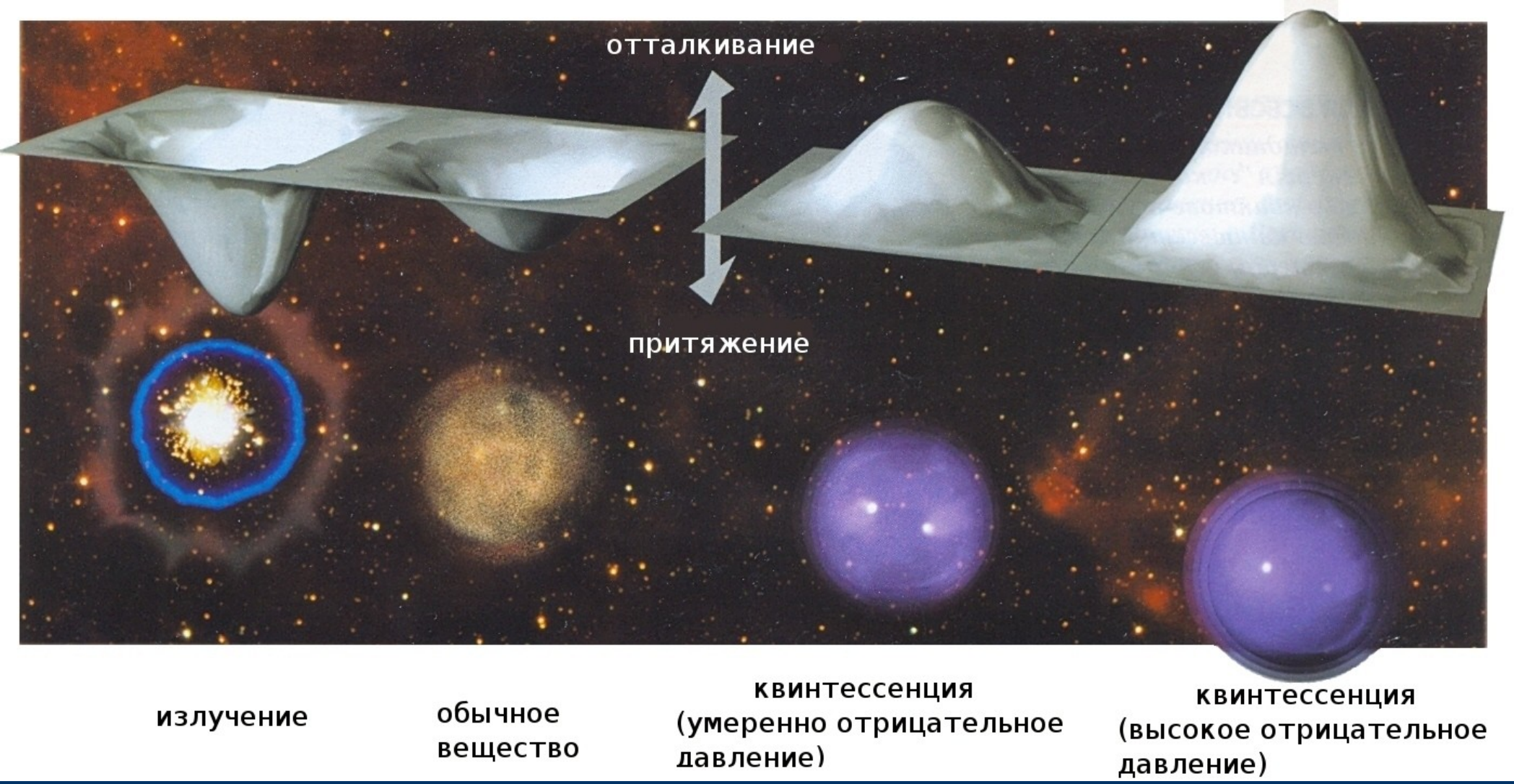


Класична механіка:

$$g=-4\pi G\rho r$$

ЗТВ:

$$g=-4\pi G(\rho+3P/c^2)r$$



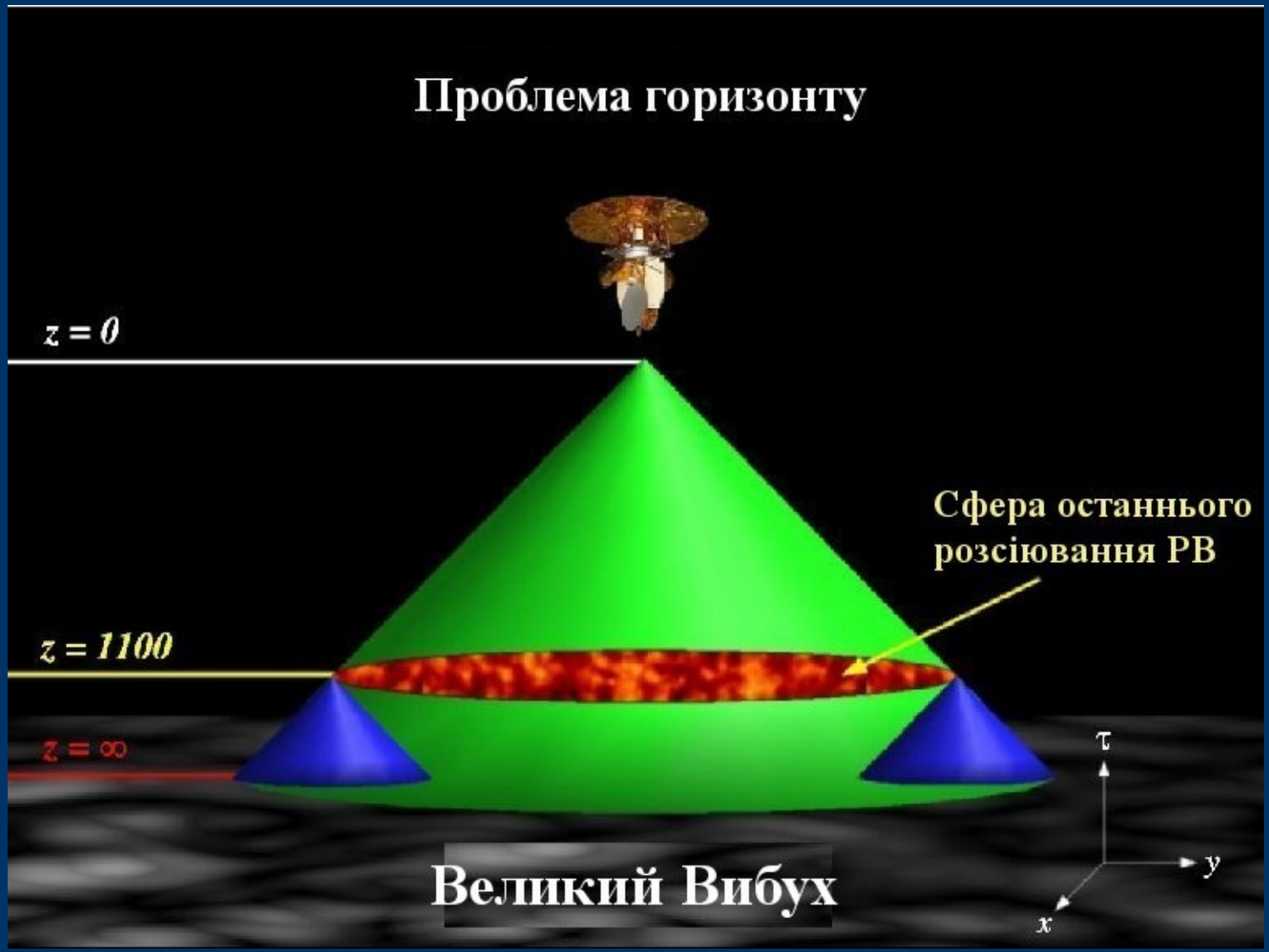
Ключові відкриття у космології:

- Всесвіт галактик 1925
- розширення Всесвіту 1929
- реліктове випромінювання (РВ) 1965
- планківський спектр РВ 1966
- великомасштабна структура Всесвіту 1980-і
- флюктуації температури РВ 1992
- темна матерія 1990-і
- густина баріонної матерії 1997
- прискорене розширення (темна енергія) 1998
- адіабатичні збурення як зародки структури 2003

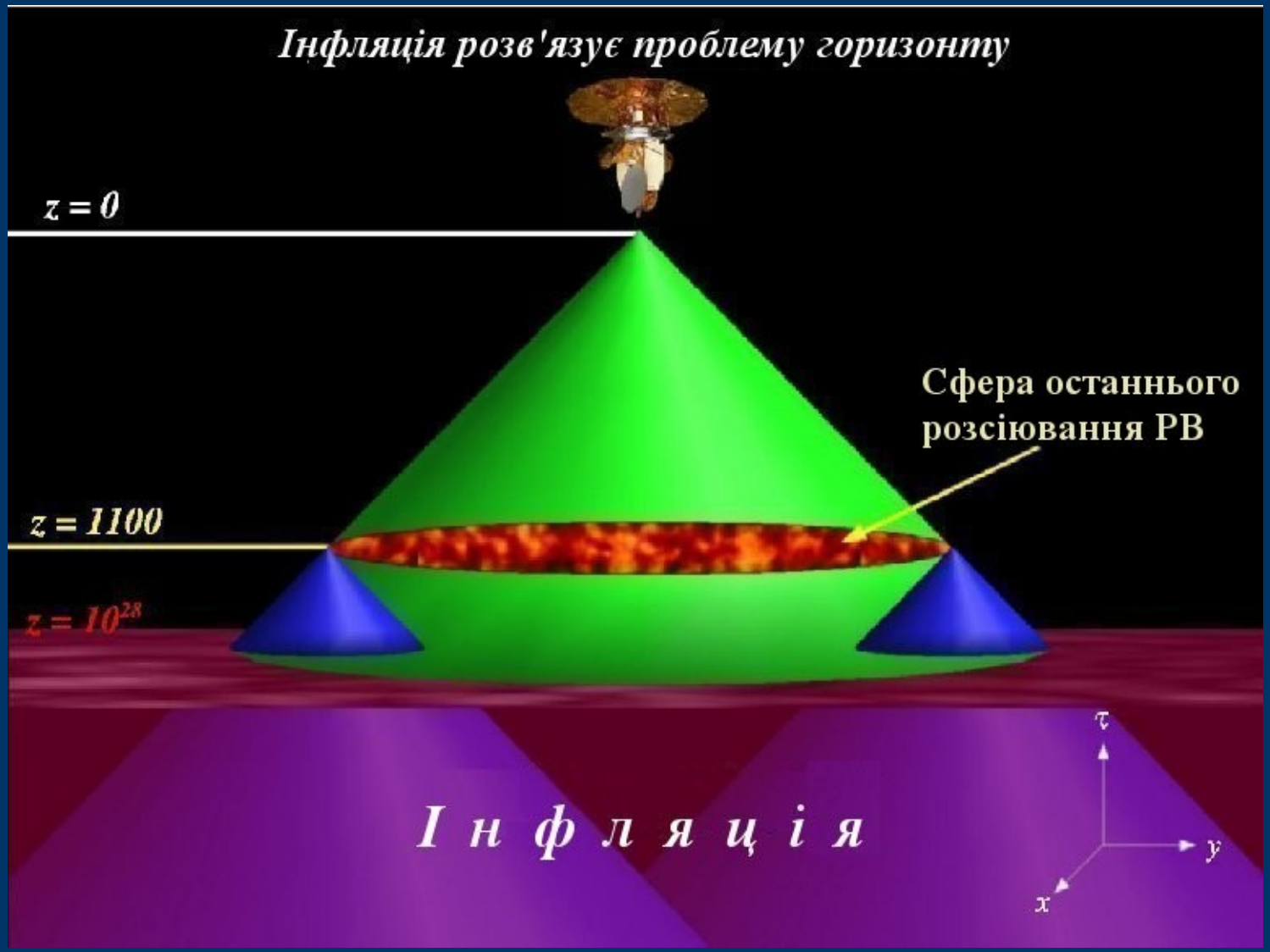
Ключові ідеї у космології:

• однорідність і ізотропність Всесвіту	XV ст.	(5 ст.)
• космологічна стала (темна енергія)	1917	(90)
• нестаціонарність Всесвіту	1922	(7)
• темна матерія	1933	(60)
• реліктове випромінювання (РВ)	1948	(17)
• космологічний нуклеосинтез	1948	(48)
• флюктуації температури РВ	1967	(25)
• інфляція у ранньому Всесвіті	1979	(10)

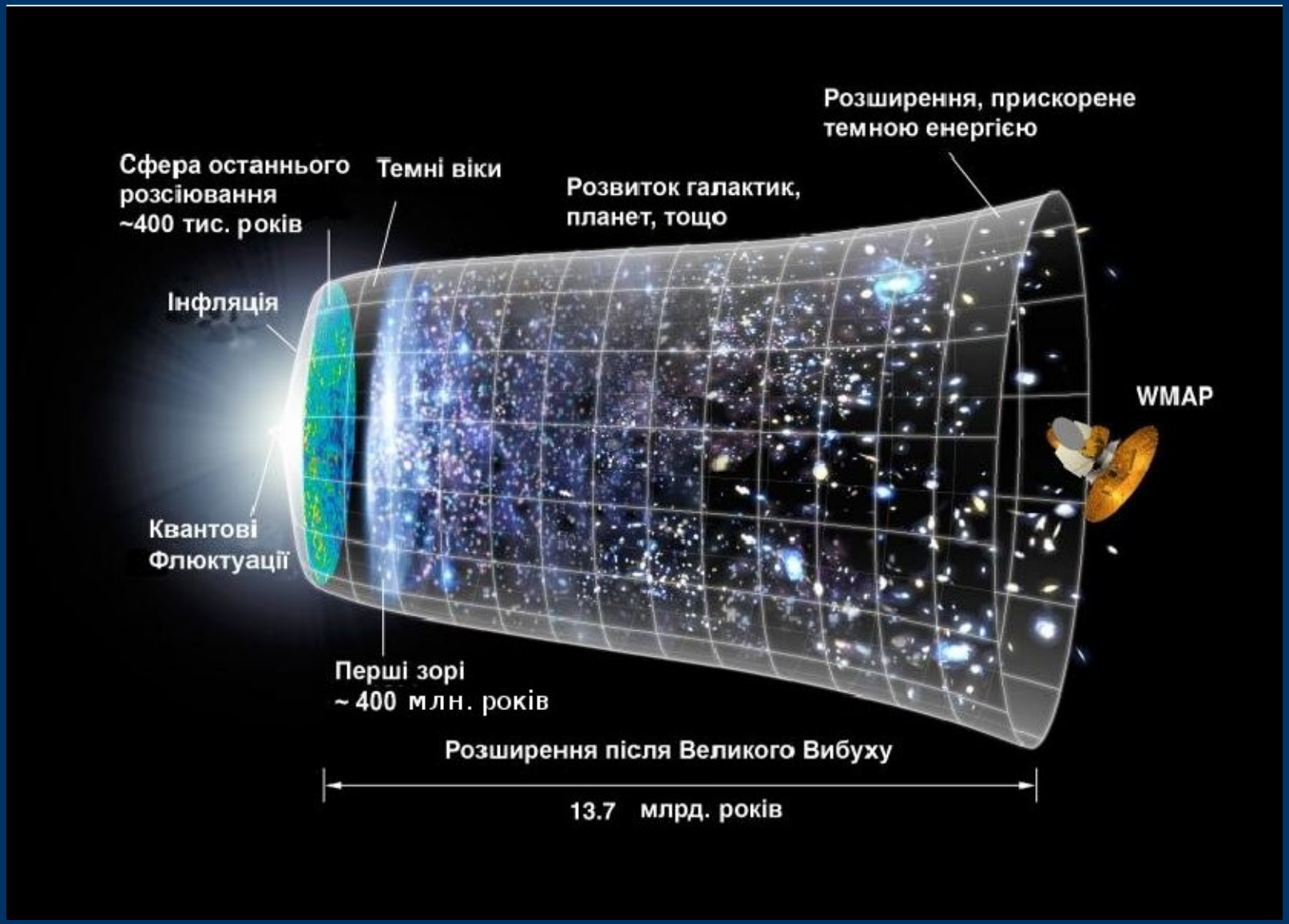
Проблема горизонту:



Інфляція розв'язує проблему горизонту:

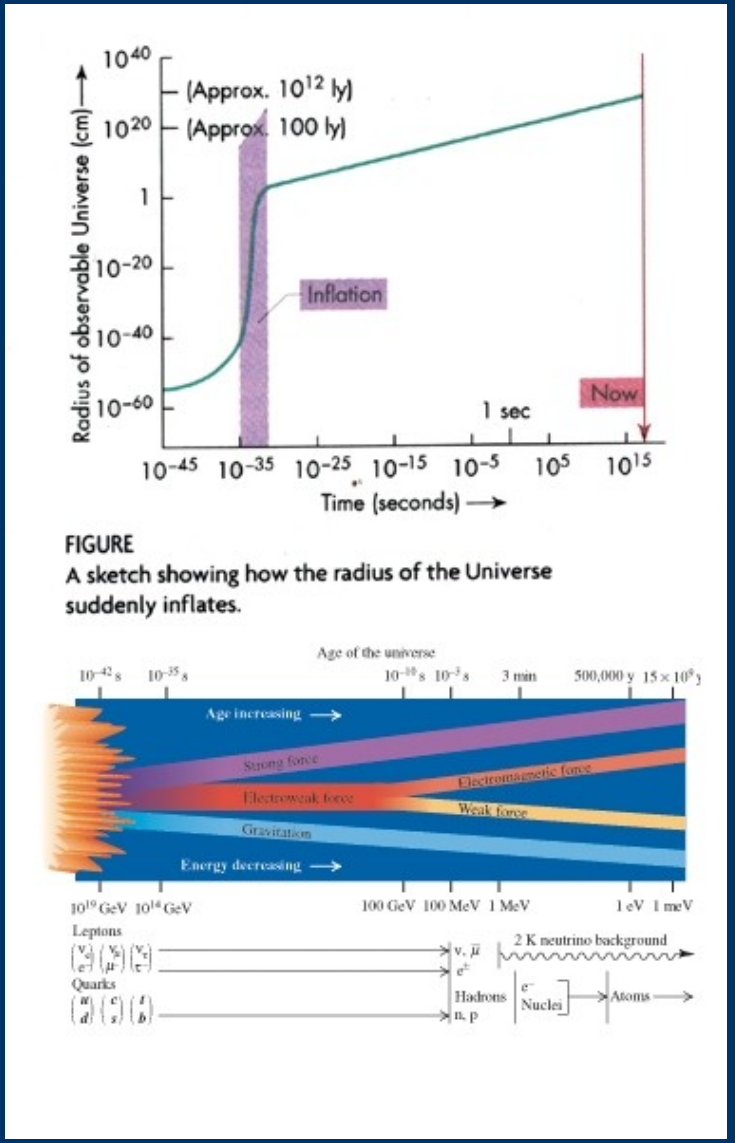


Всесвіт від квантової флюктуації до сьогодні:



Динаміка майбутнього розширення Всесвіту залежить від природи темної енергії:

Інфляційна стадія розширення і фазові переходи в ранньому Всесвіті:



Космологічний нуклеосинтез – перші 3 хвилини після Великого Вибуху:

$$n^0 \longrightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}_e$$

$$p^+ + n^0 \longrightarrow {}^2_1\mathrm{D} + \gamma$$

$${}^2_1\mathrm{D} + p^+ \longrightarrow {}^3_2\mathrm{He} + \gamma$$

$${}^2_1\mathrm{D} + {}^2_1\mathrm{D} \longrightarrow {}^3_2\mathrm{He} + n^0$$

$${}^2_1\mathrm{D} + {}^2_1\mathrm{D} \longrightarrow {}^3_1\mathrm{T} + p^+$$

$${}^3_1\mathrm{T} + {}^2_1\mathrm{D} \longrightarrow {}^4_2\mathrm{He} + n^0$$

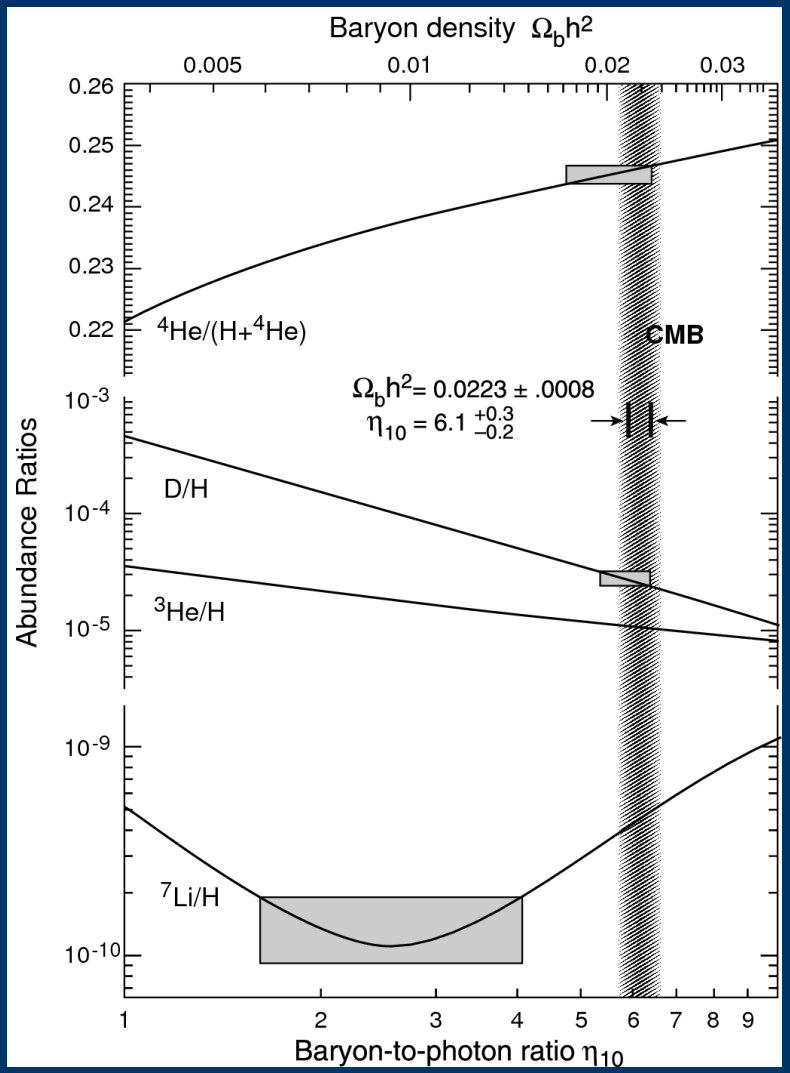
$${}^3_2\mathrm{He} + {}^4_2\mathrm{He} \longrightarrow {}^7_3\mathrm{Li} + \gamma$$

$${}^3_2\mathrm{He} + n^0 \longrightarrow {}^3_1\mathrm{T} + p^+$$

$${}^3_2\mathrm{He} + {}^2_1\mathrm{D} \longrightarrow {}^4_2\mathrm{He} + p^+$$

$${}^3_2\mathrm{He} + {}^4_2\mathrm{He} \longrightarrow {}^7_4\mathrm{Be} + \gamma$$

$${}^7_3\mathrm{Li} + p^+ \longrightarrow {}^4_2\mathrm{He} + {}^4_2\mathrm{He}$$

$${}^7_4\mathrm{Be} + n^0 \longrightarrow {}^7_3\mathrm{Li} + p^+$$

Космологічний нуклеосинтез – залежність вмісту ядер легких елементів від густини баріонної речовини: