

Astronomia – wykład wstępny



dr Krzysztof Rochowicz
Zakład Dydaktyki Fizyki
Instytut Fizyki UMK

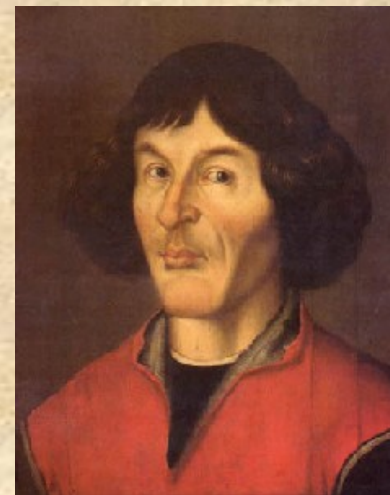


Spośród licznych i różnorodnych sztuk i nauk, budzących w nas zamięłowanie i będących dla umysłów ludzkich pokarmem, tym – według mego zdania – przede wszystkim poświęcać się należy i te z największym uprawiać zapalem, które obracają się w kręgu rzeczy najpiękniejszych i najbardziej godnych poznania. Takimi zaś są nauki, które zajmują się cudownymi obrotami we wszechświecie i biegami gwiazd, ich rozmiarami i odległościami, ich wschodem i zachodem oraz przyczynami wszystkich innych zjawisk na niebie, a w końcu wyjaśniają cały układ świata.

A cóż piękniejszego nad niebo,
które przecież ogarnia wszystko,
co piękne?

Mikołaj Kopernik

„O obrotach” księga pierwsza



Plan wykładu

1. Wstęp

- podstawowe stałe i jednostki astronomiczne
- miejsce Ziemi w Układzie Słonecznym oraz we Wszechświecie
- obserwacje zjawisk na niebie

2. Metody badań astronomicznych

- krótka historia astronomii
- obserwacje w różnych zakresach widma
- budowa i charakterystyki teleskopów
- teleskop SALT, teleskop kosmiczny HST

3. Ziemia jako planeta

- kształt, rozmiary i masa Ziemi
- ruch obrotowy Ziemi
- ruch obiegowy Ziemi wokół Słońca
- czas w astronomii

4. Sfera niebieska i Księżyc

- układy współrzędnych astronomicznych
- gwiazdozbiory, mapy nieba i atlasy
- odległość, rozmiary i masa Księżyca
- zaćmienia Słońca i Księżyca

5. Mechanika ciał Układu Słonecznego

- konfiguracje planet
- prawa Keplera
- sztuczne satelity Ziemi i sondy kosmiczne

6. Fizyka Układu Słonecznego

- planety i ich księżyce
- drobne ciała w układzie planetarnym
- powstanie Układu Słonecznego

7. Słońce jako gwiazda

- odległość, rozmiary i masa Słońca
- widmo i skład chemiczny
- budowa wnętrza i atmosfery Słońca
- aktywność słoneczna

8. Podstawowe parametry charakteryzujące gwiazdy

- odległości, ruchy własne i prędkości radialne
- temperatury, masy i rozmiary gwiazd
- diagram Hertzsprunga-Russella

9. Budowa i ewolucja gwiazd

- gwiazdy ciągu głównego, olbrzymy i białe karły
- gwiazdy zmienne: zaćmieniowe, pulsujące i wybuchowe
- gwiazdy neutronowe i czarne dziury

10. Planety pozasłoneczne. Układy i gromady gwiazd.

- odkrycia i stan badań planet wokół gwiazd
- układy podwójne i wielokrotne
- gromady otwarte i kuliste

11. Budowa Galaktyki

- materia międzygwiazdowa
- struktura spiralna
- podsystemy i populacje gwiazd

12. Astronomia pozagalaktyczna

- klasyfikacja galaktyk
- radiogalaktyki i kwazary
- Grupa Lokalna i gromady galaktyk
- prawo Hubble'a

13. Elementy kosmologii

- zasady kosmologiczne
- promieniowanie reliktowe
- teoria Wielkiego Wybuchu

Literatura

1. Kreiner Jerzy - *Astronomia z astrofizyką* - PWN (1996)
2. Kreiner Jerzy - *Ziemia i Wszechświat* - Wydawnictwo Naukowe UP w Krakowie (2009)
3. Branicki Andrzej - *Obserwacje i pomiary astronomiczne...* - Wydawnictwa UW (2006)

Literatura dodatkowa

1. Seria *Astrofizyka* - Wydawnictwo Naukowe PWN (1994-95):

Jaroszyński Michał - *Galaktyki i budowa Wszechświata*

Kubiak Michał - *Gwiazdy i materia międzygwiazdowa*

Artymowicz Paweł - *Astrofizyka układów planetarnych*

2. Seria *Na ścieżkach nauki* - Prószyński i S-ka, m.in.:

Włodarczyk Jarosław - *Wędrowki niebieskie, czyli Wszechświat nie tylko dla poetów*

Kippenhahn Rudolf - *Na tropie tajemnic Słońca*

Crosswell Ken - *Alchemia nieba i łowcy planet*

3. Greeley Ronald, Batson Raymond - *Atlas Układu Słonecznego NASA* - Prószyński i S-ka (1999)
4. Shu Frank H. - *Galaktyki, gwiazdy, życie - fizyka Wszechświata* - Prószyński i S-ka (2003)
5. Hawking Stephen - *Krótką historia czasu i Wszechświat w skorupce orzecha* - Zysk i S-ka
6. Weinberg Steven - *Pierwsze trzy minuty* - np. Iskry (1980)

Wybrane źródła internetowe

- astronomia.pl - aktualności, informacje ogólne
- www.astronomia2009.pl - strona MRA
- apod.nasa.gov/apod – Astronomy Picture of the Day
- www.heavens-above.com - ISS, satelity, komety
- www.stellarium.org/pl - wirtualne planetarium

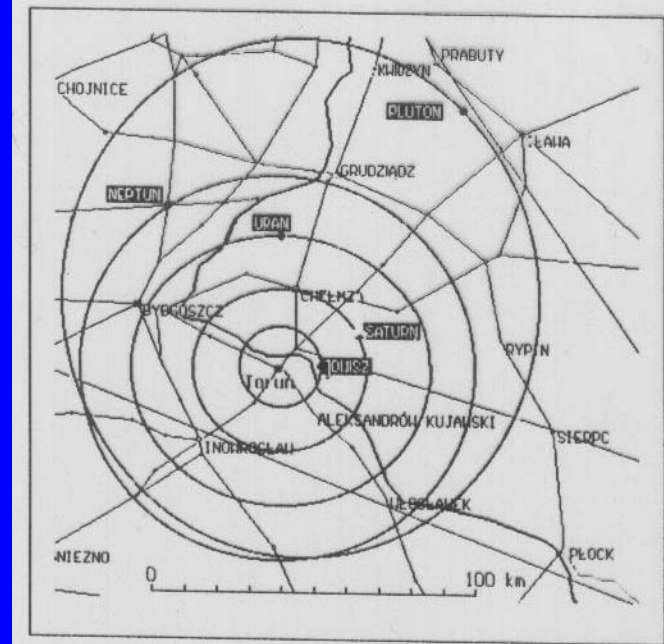
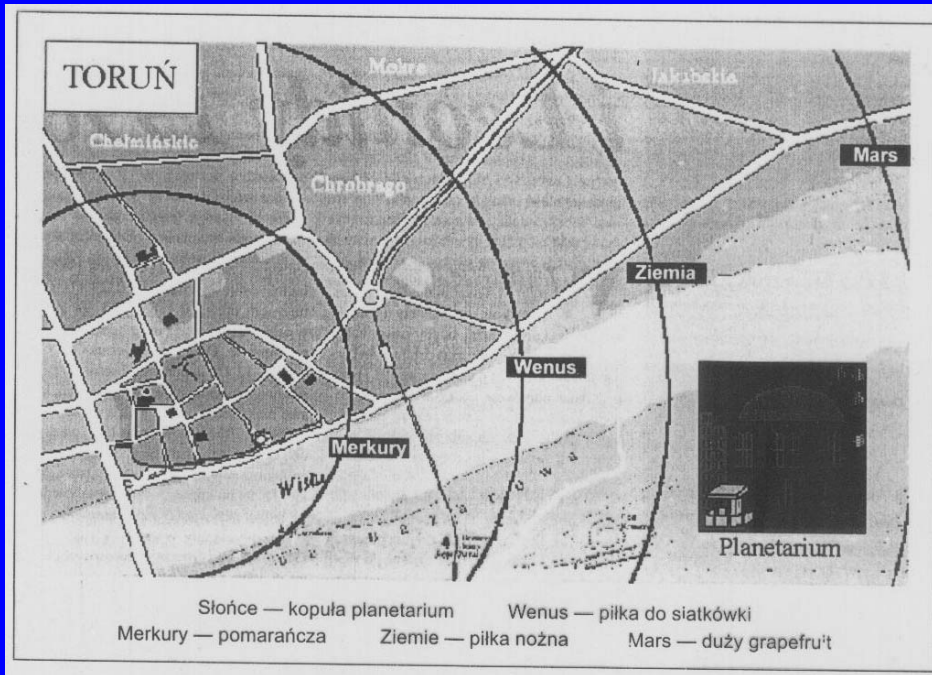
Ponadto strony organizacji, obserwatoriów, agencji i misji kosmicznych, np. IAU, ESO, HST, NASA, ESA.

Wszechświat – gdzie jesteśmy?

(częściowo wg www.atlasoftheuniverse.com)



Toruński model Układu Słonecznego



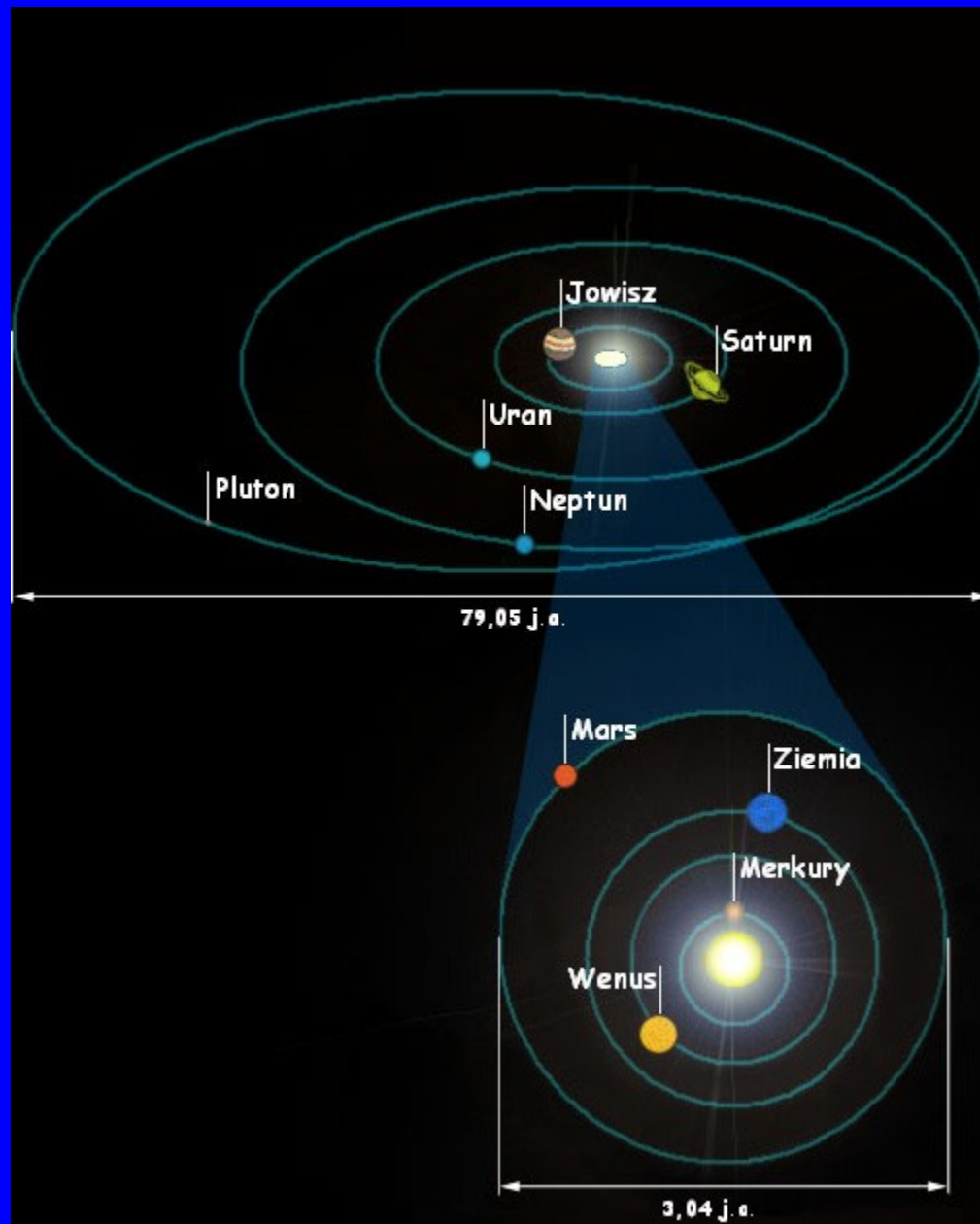
Model układu Słonecznego

Obiekt	Odległość		Średnica		Obiekt modelujący
	rzecz. $\times 10^9$ [m]	w skali [m]	rzecz. $\times 10^6$ [cm]	w skali [cm]	
Stońce			1392	2300	kopuła planetarium
Merkury	58	983	4,9	8,3	pomarańcza
Wenus	108	1832	12,1	20,5	piłka do siatkówki
Ziemia	150	2543	12,8	21,7	piłka nożna
Mars	228	3866	6,8	11,5	Juży grapefruit
Jowisz	778	13190	143	242,5	mały kiosk Ruchu
Saturn	1427	24195	115,6	196	niewiele mniejszy kiosk
Uran	2870	48660	55,8	94,6	duża piłka plażowa
Neptun	4497	76246	49,5	83,9	piłka plażowa
Pluton	5913	100254	2,2	3,7	brzoskwinia

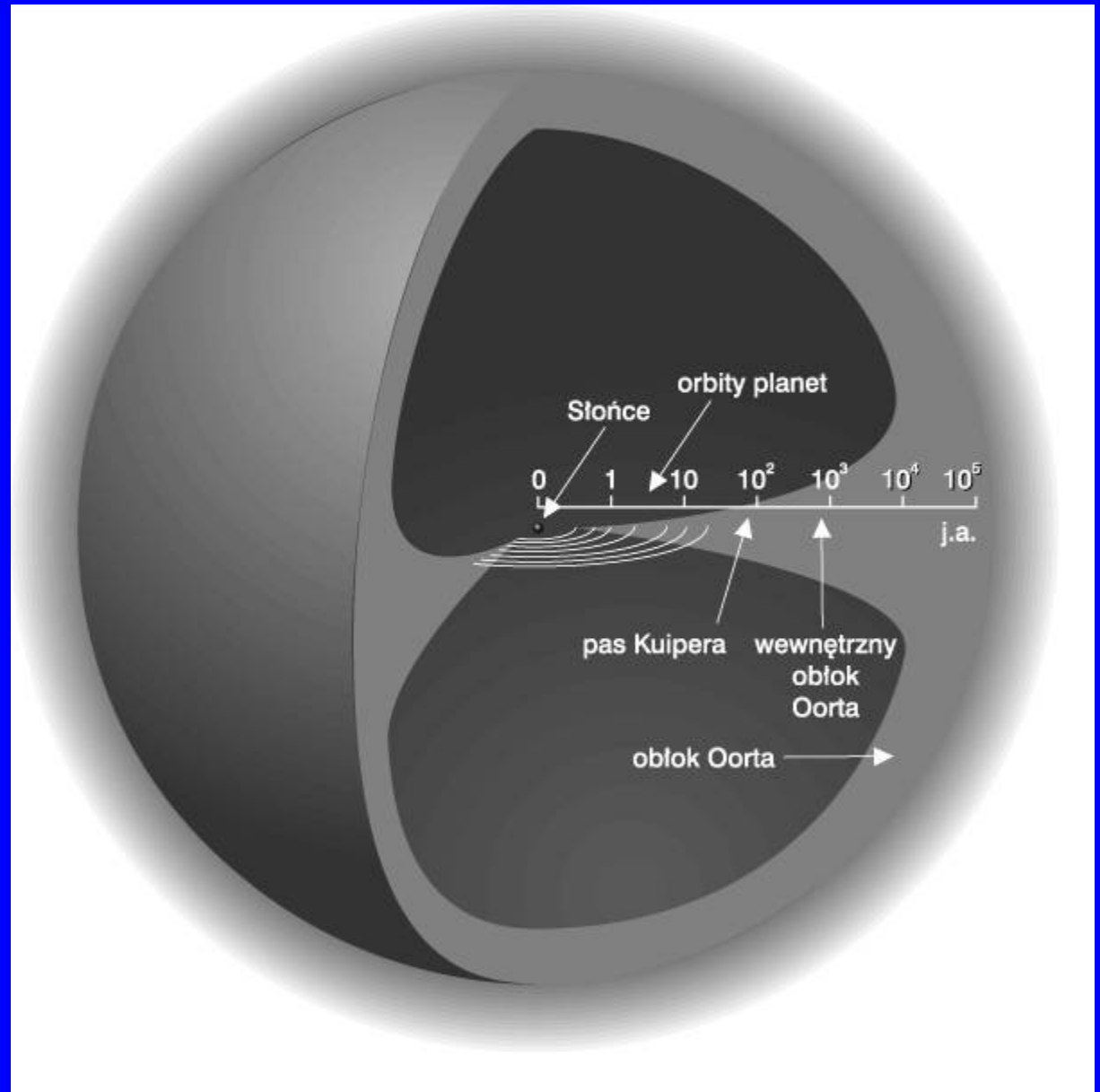
ok. 1:60 mln

$\phi 6\text{cm}, d=6\text{m}$

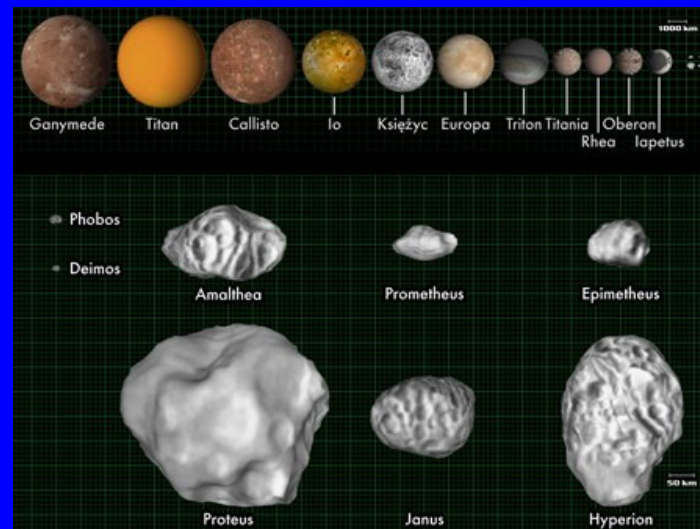
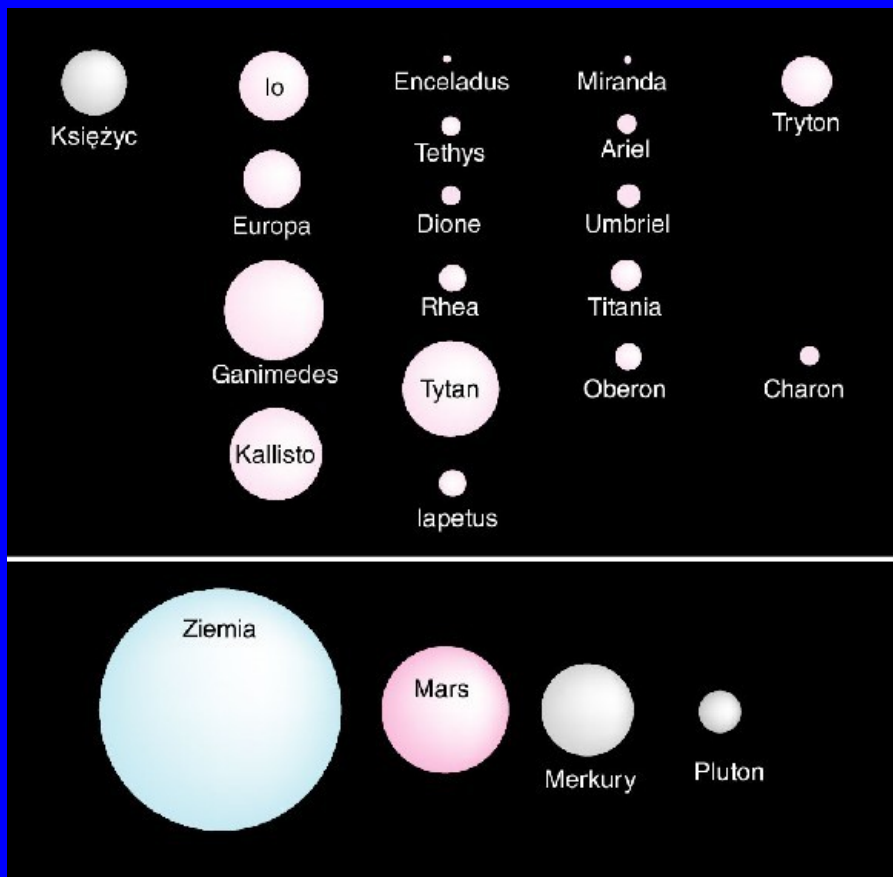
Układ Słoneczny
wczoraj...



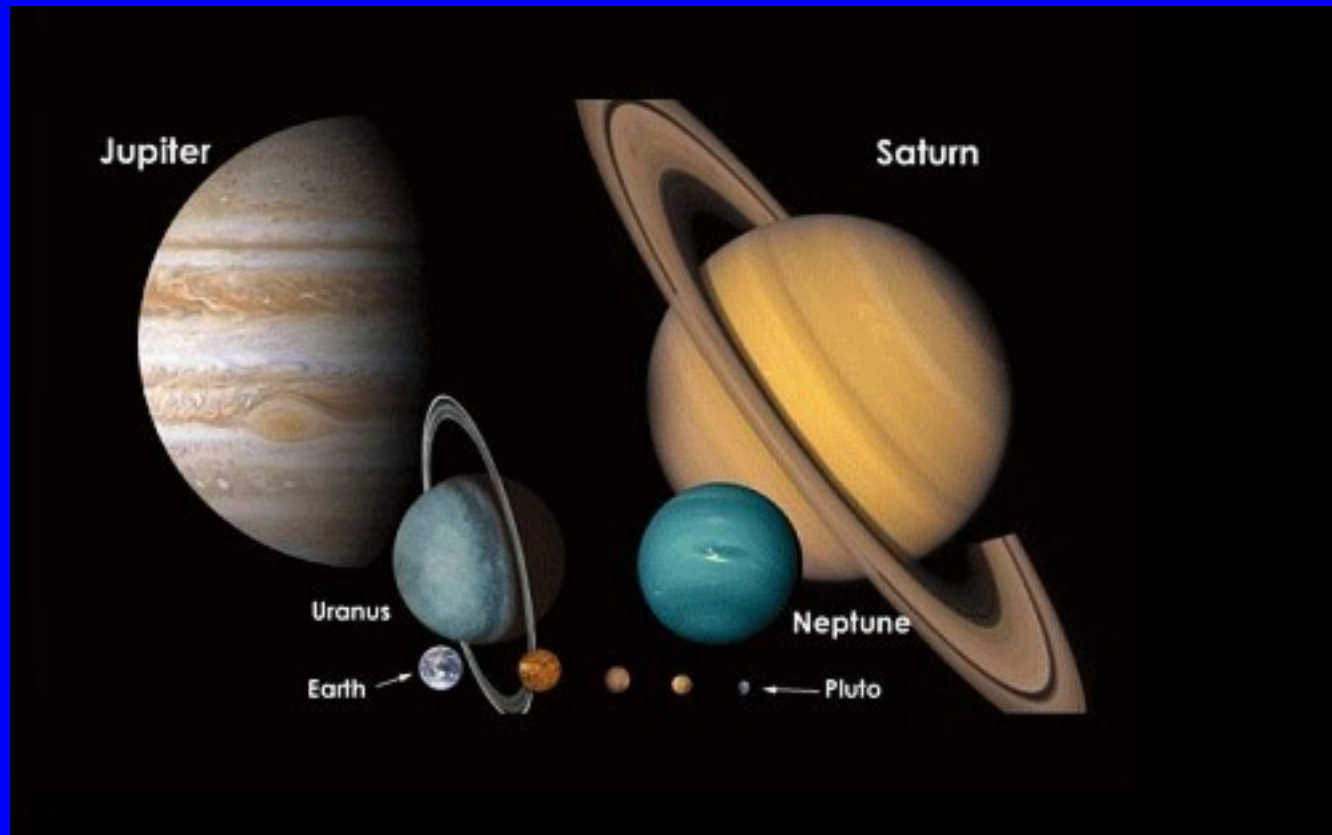
...i dziś



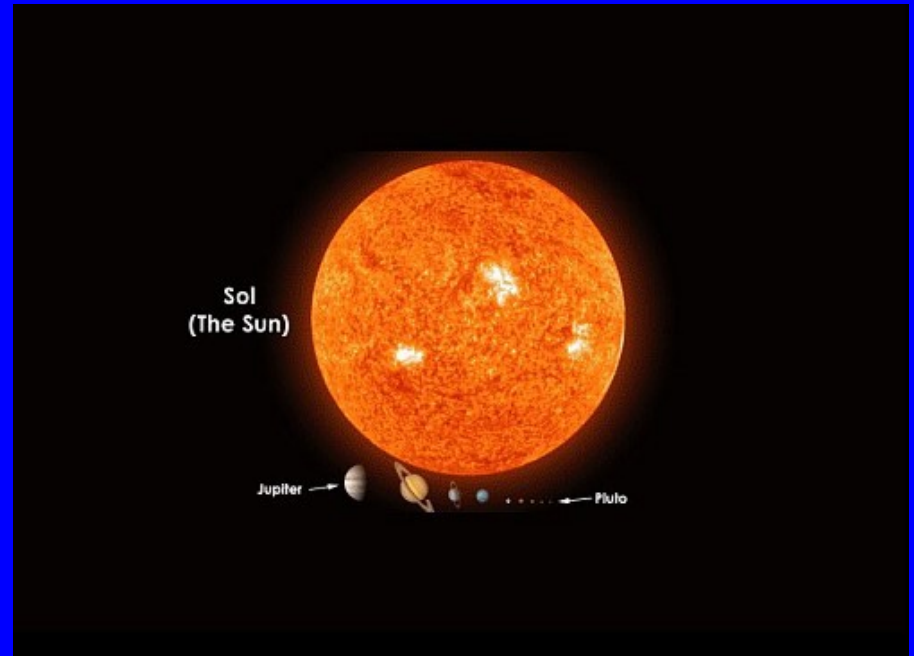
Porównanie rozmiarów: małe planety i księżyce



Ziemia i gazowe olbrzymy



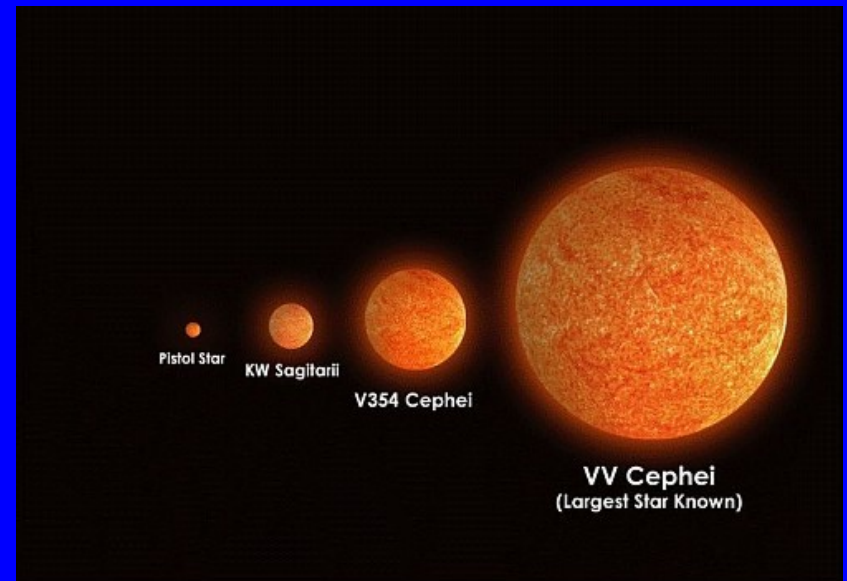
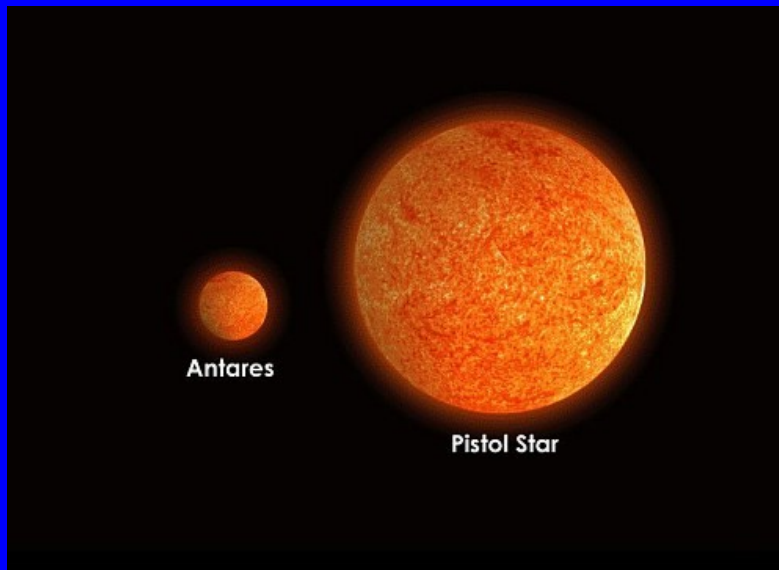
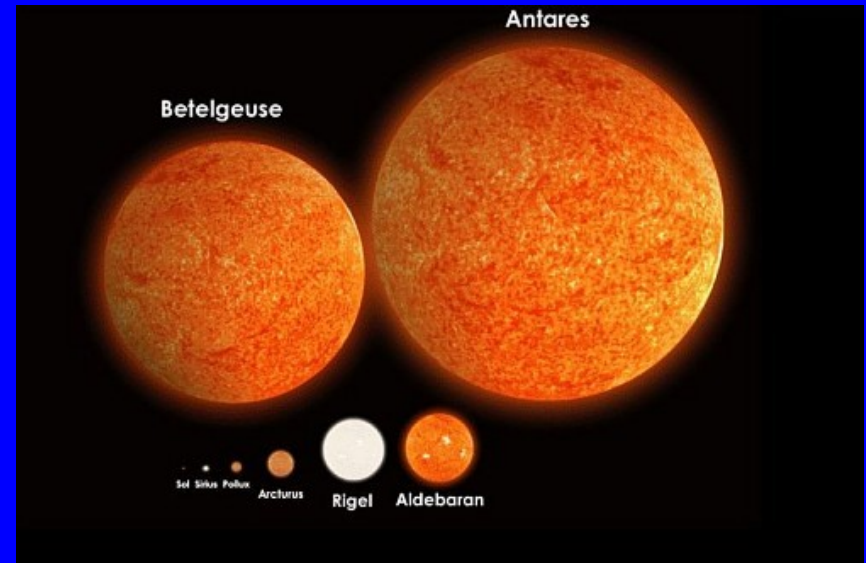
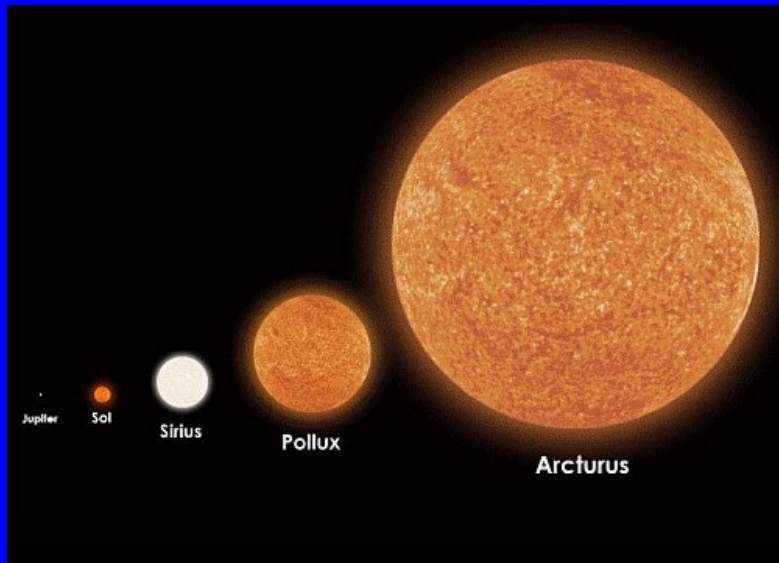
Słońce i planety – porównanie rozmiarów...



...i masy

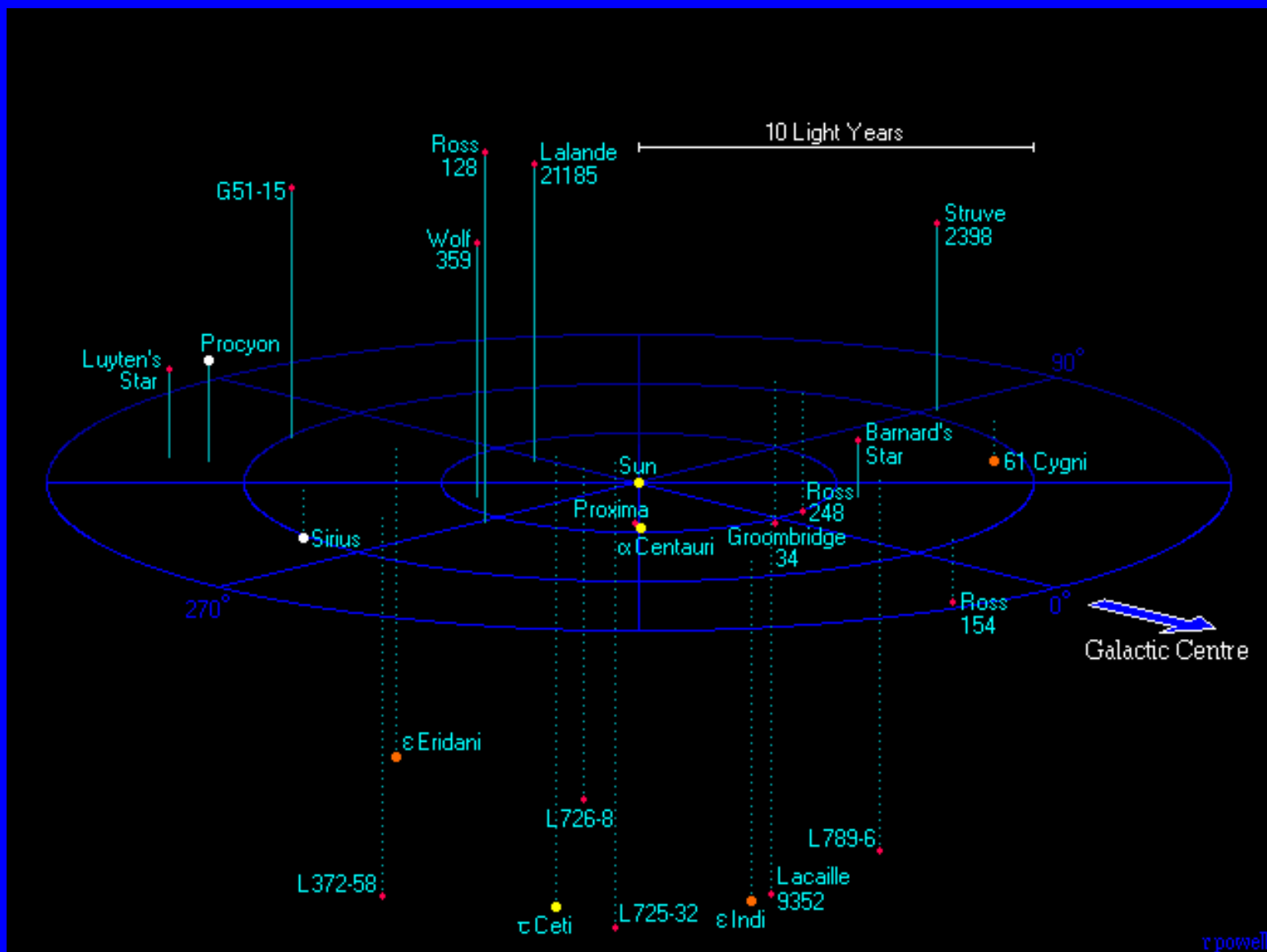


Słońce i inne gwiazdy – porównanie rozmiarów



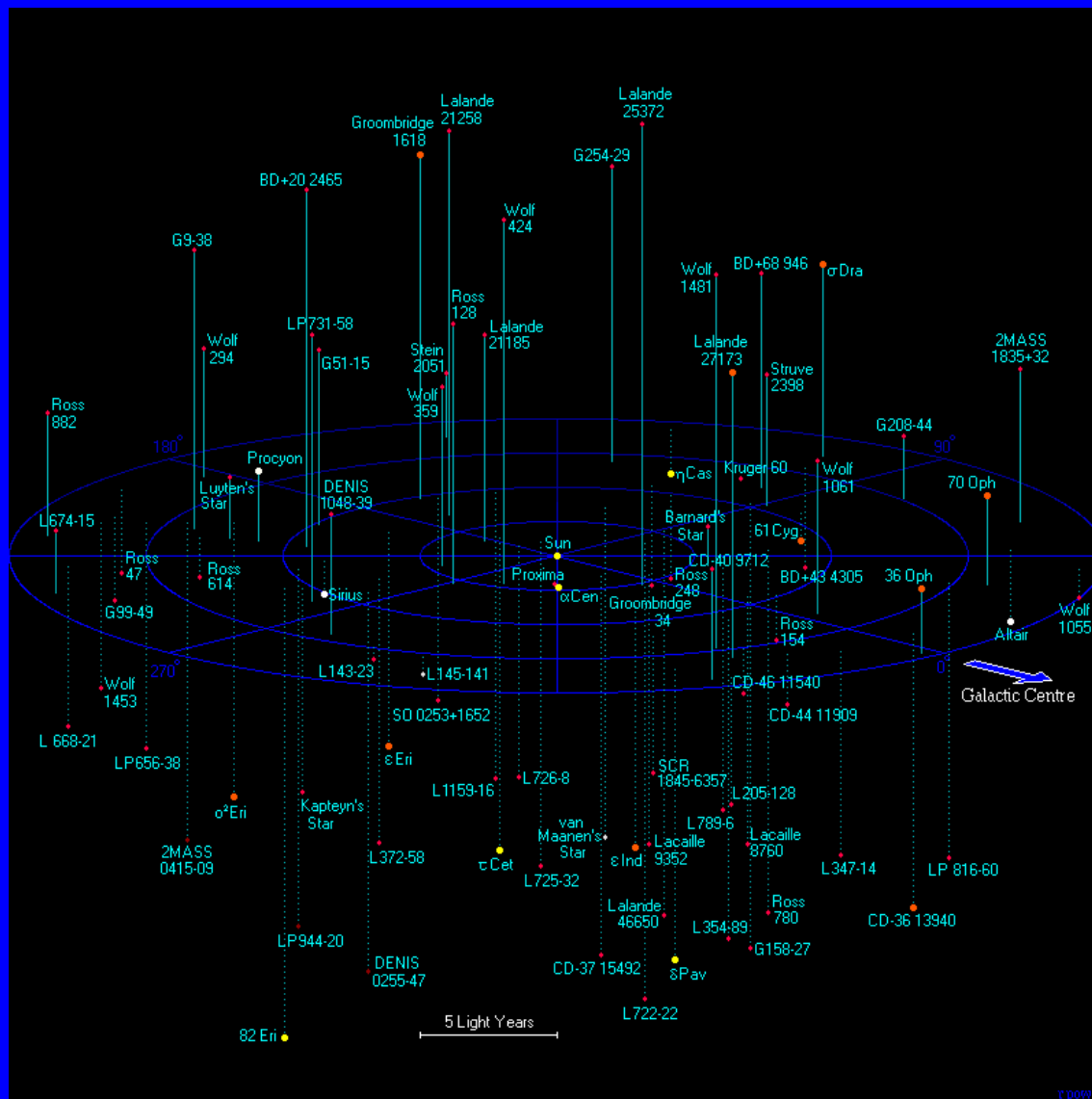
Wszechświat do odległości 12.5 roku świetlnego

Najbliższe gwiazdy



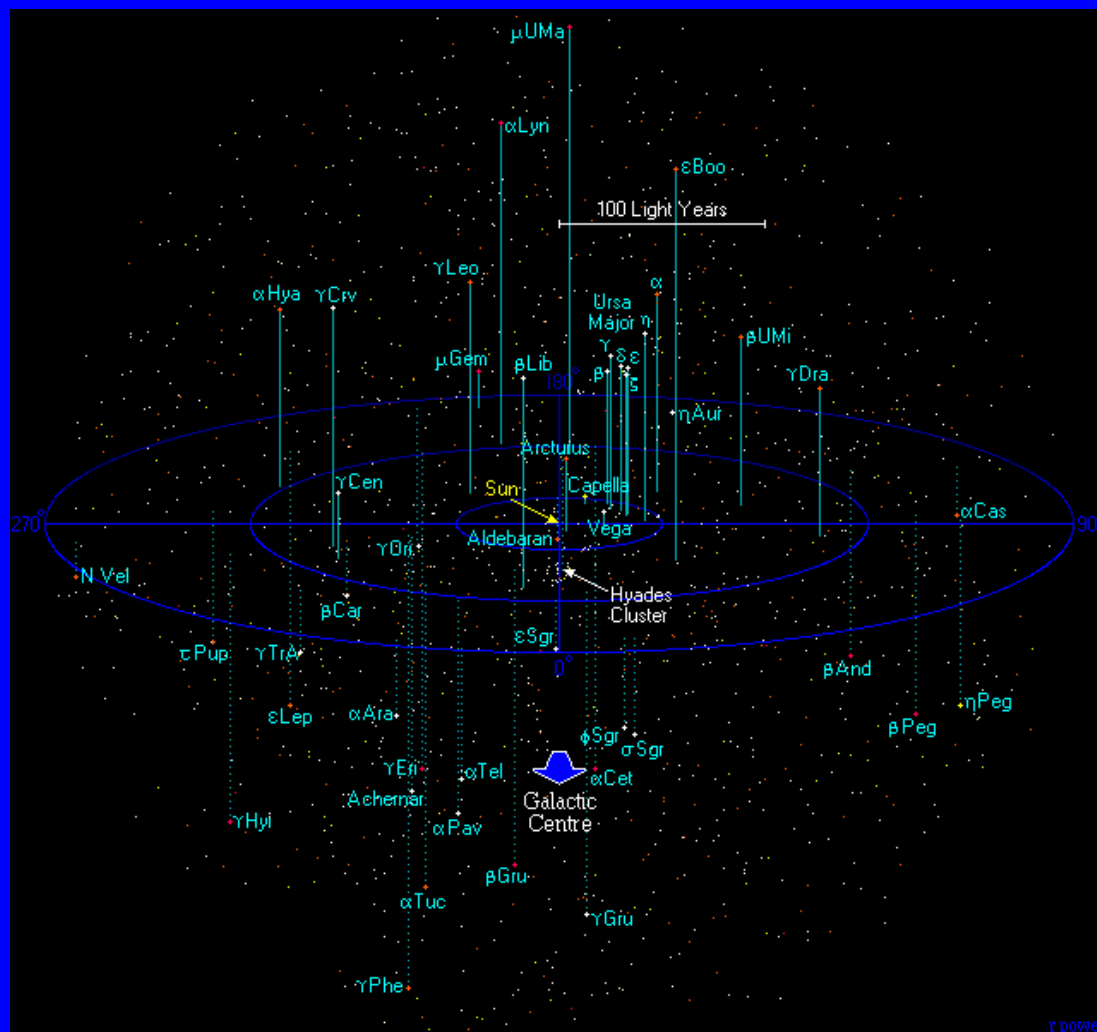
Wszechświat do odległości 20 l.św.

Mapa wszystkich znanych gwiazd leżących w odległości nie większej niż 20 lat świetlnych. Jest ich 106, należących do 79 systemów gwiazdowych



Wszechświat w odległości 250 l.św.

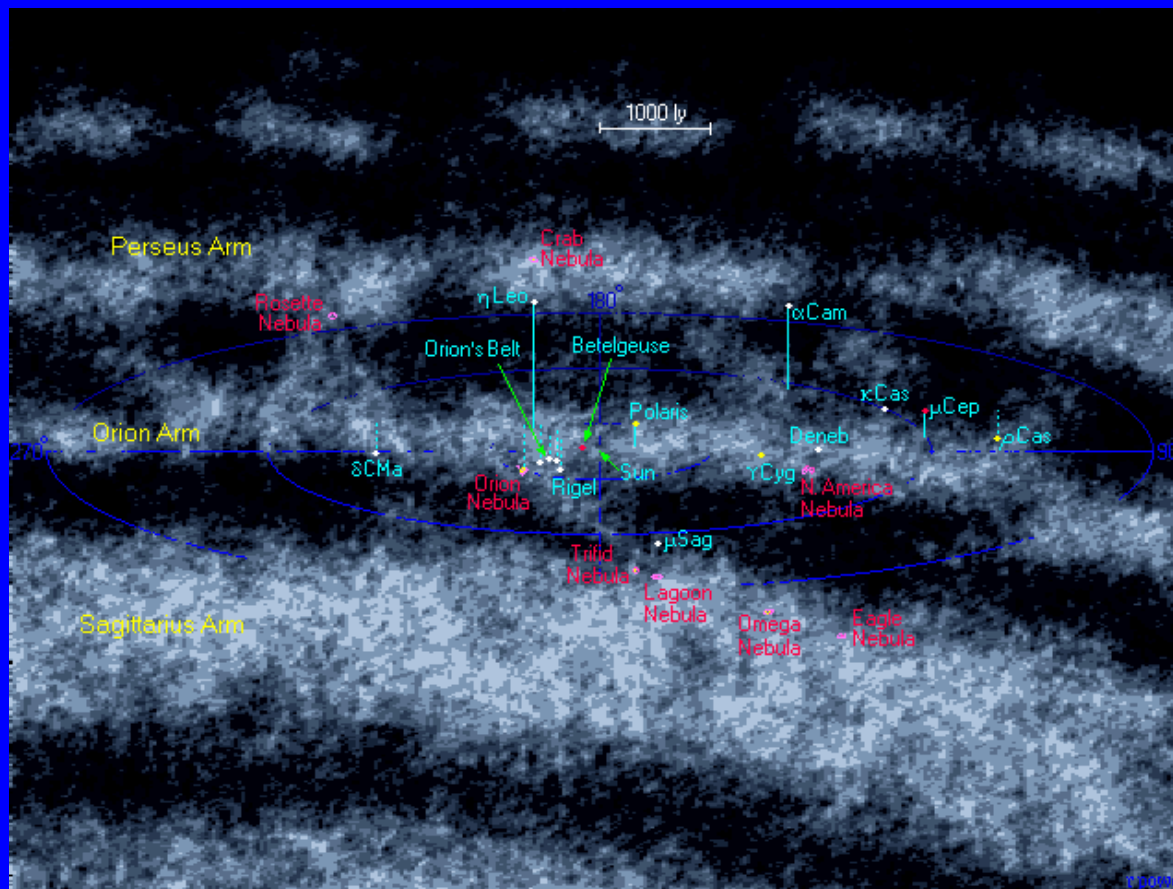
Na mapę zostało naniesionych 1500 najjaśniejszych gwiazd leżących w odległości 250 lat świetlnych. Wszystkie gwiazdy są jaśniejsze od Słońca i większość z nich może być widziana gołym okiem. Około jedna trzecia wszystkich gwiazd widocznych nieuzbrojonym okiem leży w odległości 250 lat świetlnych, pomimo tego, że jest to jedynie małeńki fragment naszej Galaktyki.



Liczba gwiazd w odległości 250 lat świetlnych = 260 000

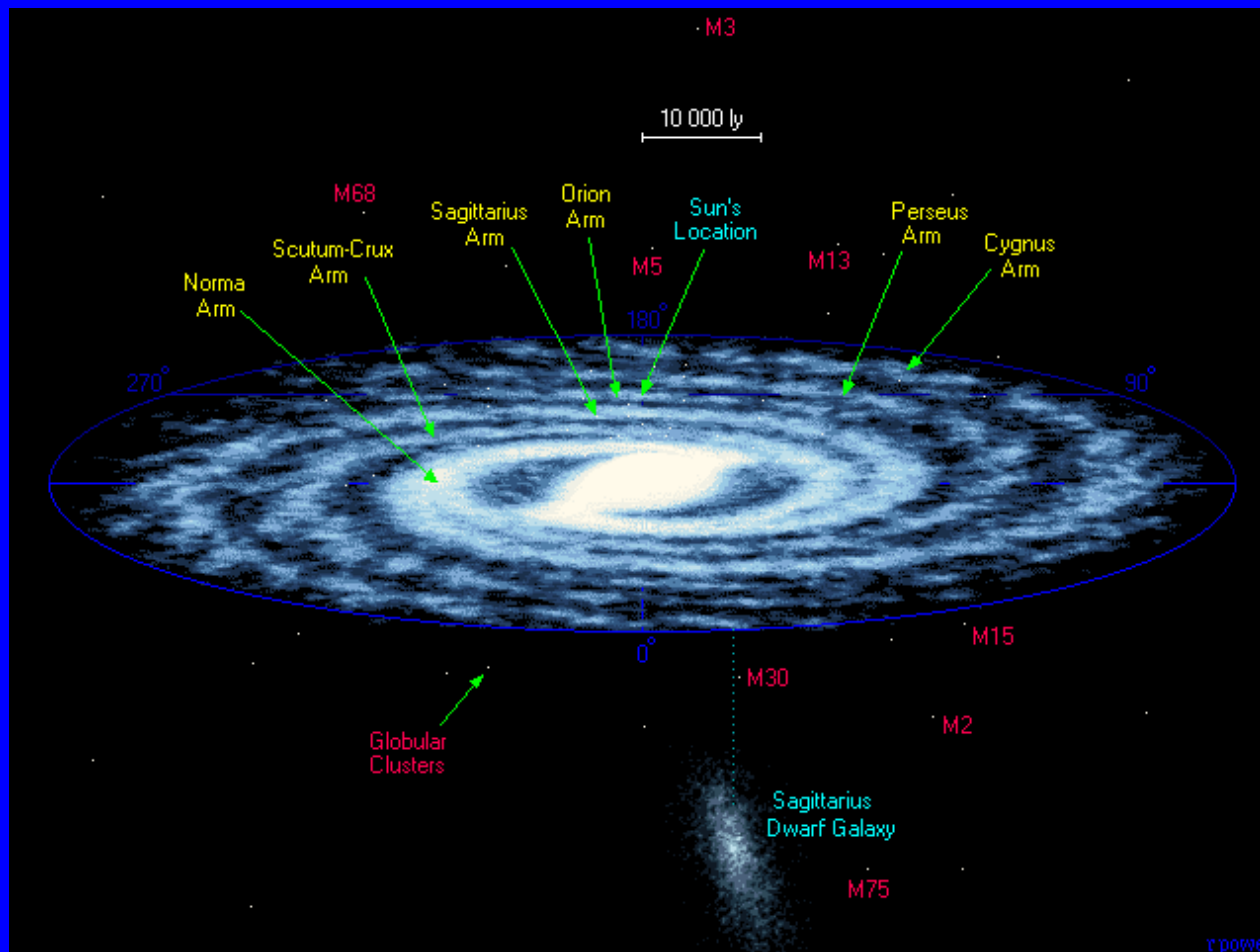
Wszechświat w odległości 5000 lat świetlnych – Ramię Oriona

Słońce położone jest w Ramieniu Oriona - całkiem małym, jeśli porównamy go do Ramienia Strzelca, które leży bliżej centrum Galaktyki. Mapa pokazuje kilka gwiazd widocznych gołym okiem, które są ulokowane głęboko w Ramieniu Oriona. Najbardziej godną uwagi grupę gwiazd stanowią tutaj główne gwiazdy tworzące gwiazdozbiór Oriona - od którego spiralne ramię naszej Galaktyki otrzymało swoją nazwę. Wszystkie te gwiazdy są jasnymi olbrzymami i nadolbrzymami, tysiące razy jaśniejszymi od naszego Słońca. Najjaśniejszą gwiazdą na mapie jest Rho Kasjopei, odległa od nas o 4000 lat świetlnych - dla niezbrojonego oka jest to tylko słaba gwiazda, ale w rzeczywistości jest to nadolbrzym, 100 000 razy jaśniejszy od naszego Słońca.



Wszechświat w odległości 50.000 lat świetlnych: Droga Mleczna

Powyższa mapa pokazuje Drogę Mleczną w jej pełnych rozmiarach - galaktykę spiralną zawierającą przynajmniej 200 miliardów gwiazd. Słońce jest zanurzone głęboko w Ramieniu Oriona, około 26 000 lat świetlnych od środka Galaktyki. W obszarze jądra Galaktyki gwiazdy są upakowane o wiele bliżej siebie niż w rejonie, w którym my żyjemy. Warto zwrócić uwagę na obecność małych gromad kulistych, które leżą daleko za płaszczyzną Galaktyki, a także sąsiednią galaktykę karłowatą w Strzelcu (Sagittarius), która jest powoli "połykana" przez naszą Galaktykę.



Nasza Galaktyka - Droga Mleczna

Obraz Drogi Mlecznej o perspektywie obserwatora spoglądającego sponad niej. Słońce jest tylko jedną z 200 miliardów gwiazd w tej typowej galaktyce spiralnej z poprzeczką o średnicy około 90 000 lat świetlnych



Ramię Norma (Węgielnicy)

Ramię Scutum-Crux (Tarczy-Krzyża)

Ramię Sagittarius (Strzelca)

Ramię Orion (Oriona) *Ramię Lokalne*

Ramię Perseus (Perseusza) -

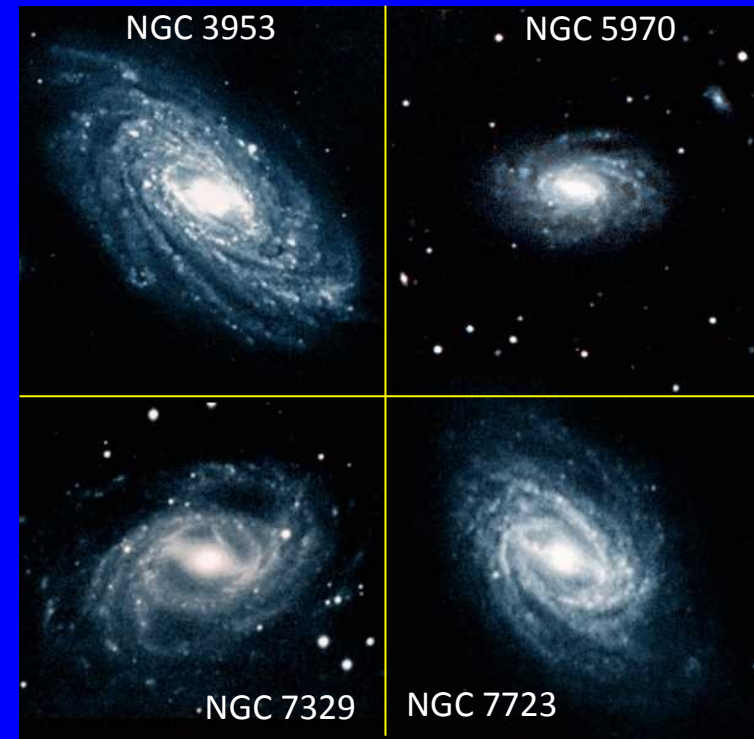
Ramię Cygnus (Łabędzia)

Ramię Oriona nie jest jednym z ważniejszych ramion, a jedynie obszarem o zwiększonej ilości gazu i gwiazd pomiędzy ramionami Strzelca i Perseusza.

Nasza Galaktyka - Droga Mleczna

Srednica Galaktyki	90 000 l.św.
Klasyfikacja Galaktyki	SBbc
Liczba gwiazd w Galaktyce	200 miliardów ($2 \cdot 10^{11}$)
Masa Galaktyki	1 bilion M_{\odot} ($10^{12} M_{\odot}$)
Długość centralnej poprzeczki	25 000 l.św.
Odległość Słońca od środka	26 000 l.św.
Grubość Galaktyki w lokalizacji Słońca	2000 l.św.
Prędkość ruchu Słońca wokół Galaktyki	220 km/s
Okres pełnego obrotu Słońca wokół Galaktyki	225 milionów lat

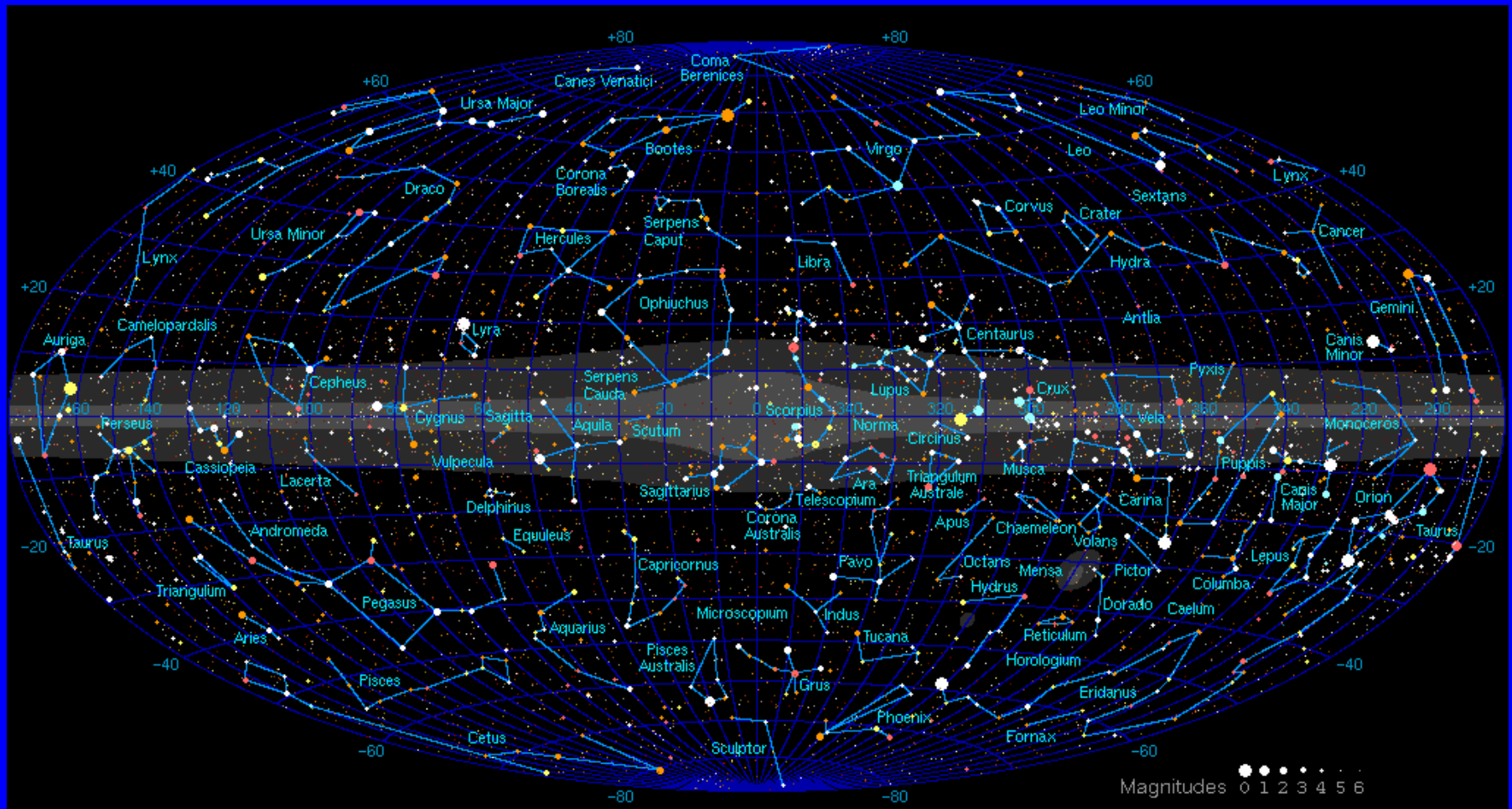
4 galaktyki, które wyglądają podobnie do Drogi Mlecznej



	odległość	średnica
NGC 3953	$55 \cdot 10^6$ l.św.	95 000 l.św.
NGC 5970	$105 \cdot 10^6$ l.św.	85 000 l.św.
NGC 7329	$140 \cdot 10^6$ l.św.	140 000 l.św.
NGC 7723	$80 \cdot 10^6$ l.św.	90 000 l.św.

Nasza Galaktyka - Droga Mleczna

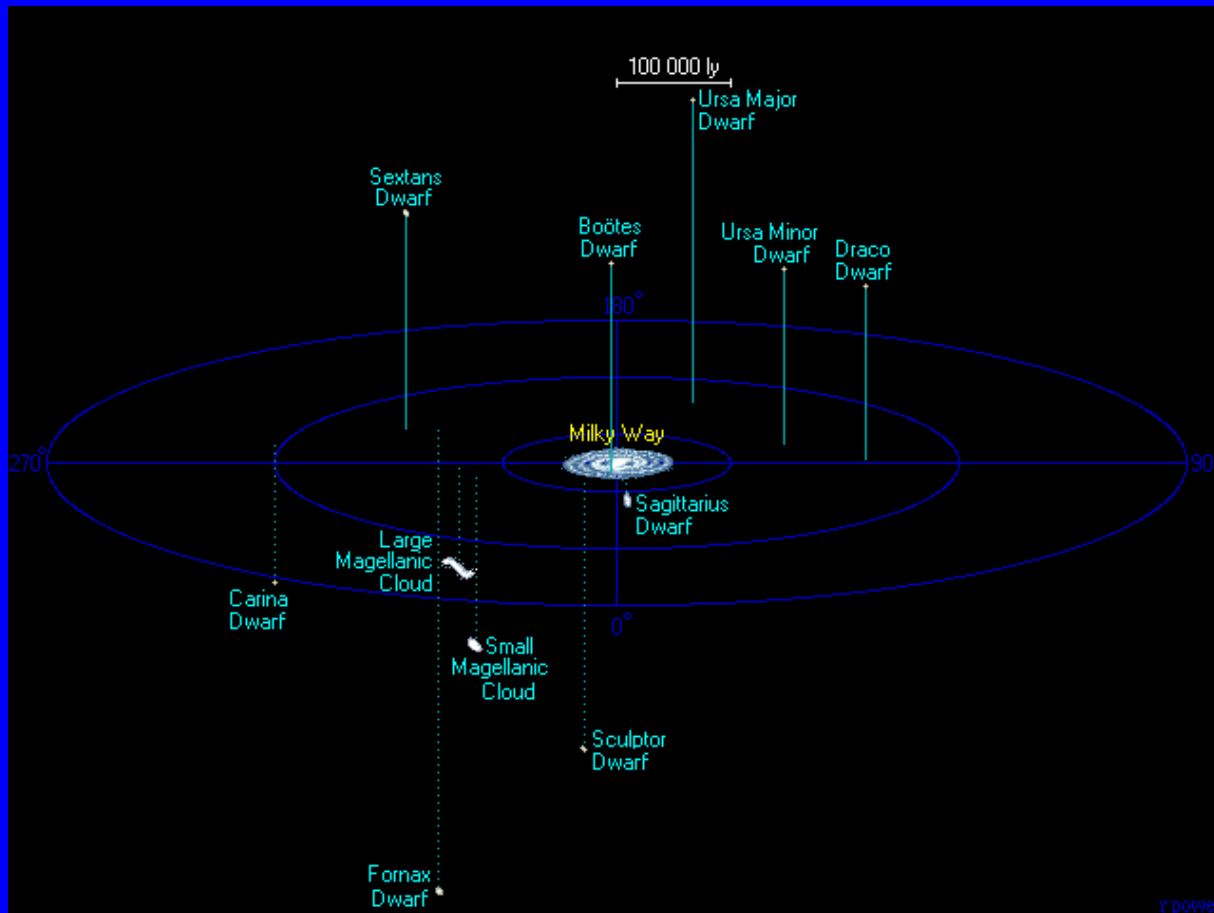
Mapa ta powstała poprzez naniesienie na współrzędne każdej widocznej gołym okiem gwiazdy. Mapa jest naniesiona na współrzędne galaktyczne - płaszczyzna Drogi Mlecznej przechodzi przez środek mapy i przypisana jej jest zerowa szerokość galaktyczna, natomiast zerowa długość wskazuje bezpośrednio na centrum Galaktyki. Wszystkie 88 gwiazdozbiorów zostało zaznaczone na mapie, chociaż same konstelacje nie mają już takiego znaczenia, gdyż w ich skład wchodzi gwiazdy o bardzo różnych odległościach i stąd najczęściej nie są powiązane między sobą w żaden szczególny sposób.



Wszechświat w odległości 500.000 lat świetlnych: galaktyki satelickie

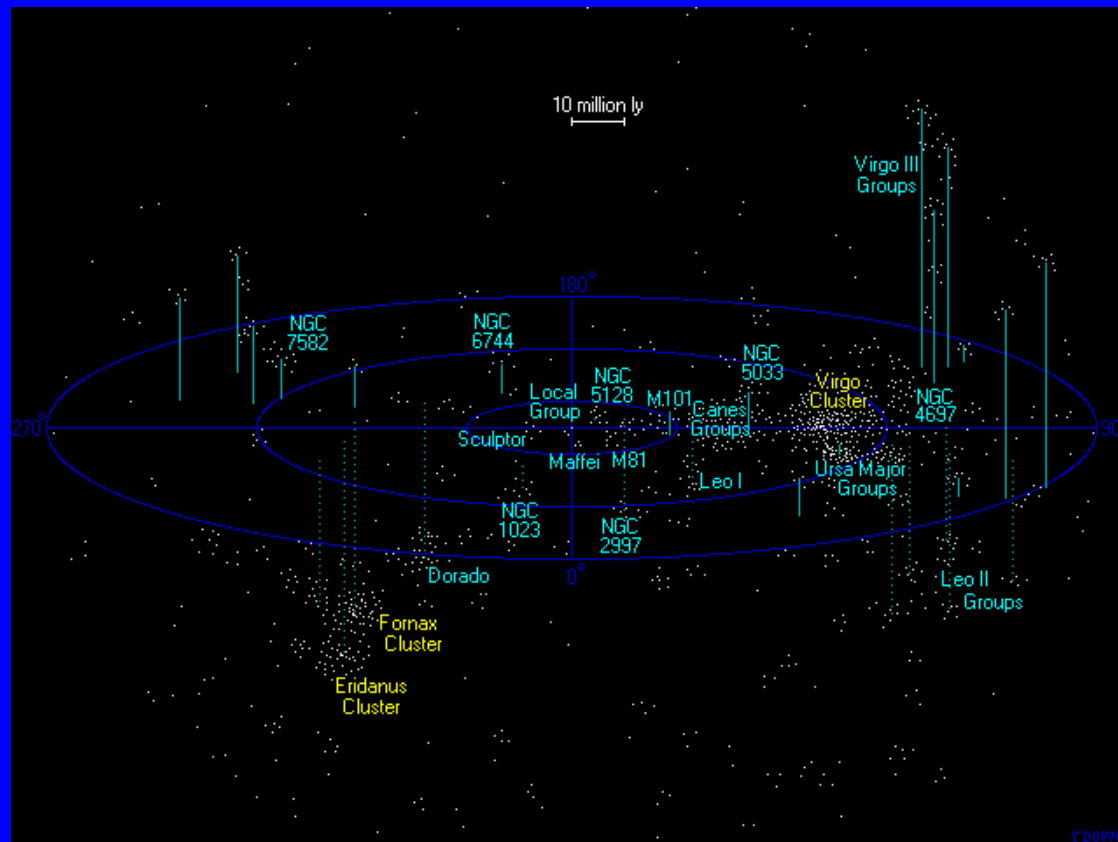
Droga Mleczna jest otoczona przez kilka galaktyk karłowatych, zawierających typowo po kilkadziesiąt milionów gwiazd, co jest bardzo niską wartością w porównaniu z całkowitą gwiazdową populacją naszej Galaktyki. Mapa pokazuje wszystkie spośród najbliższych galaktyk karłowatych, związanych siłami grawitacyjnymi z Droga Mleczną, której okrążenie zabiera im miliardy lat.

Liczba dużych galaktyk = 1, liczba galaktyk karłowatych = 9, liczba gwiazd = 225 miliardów



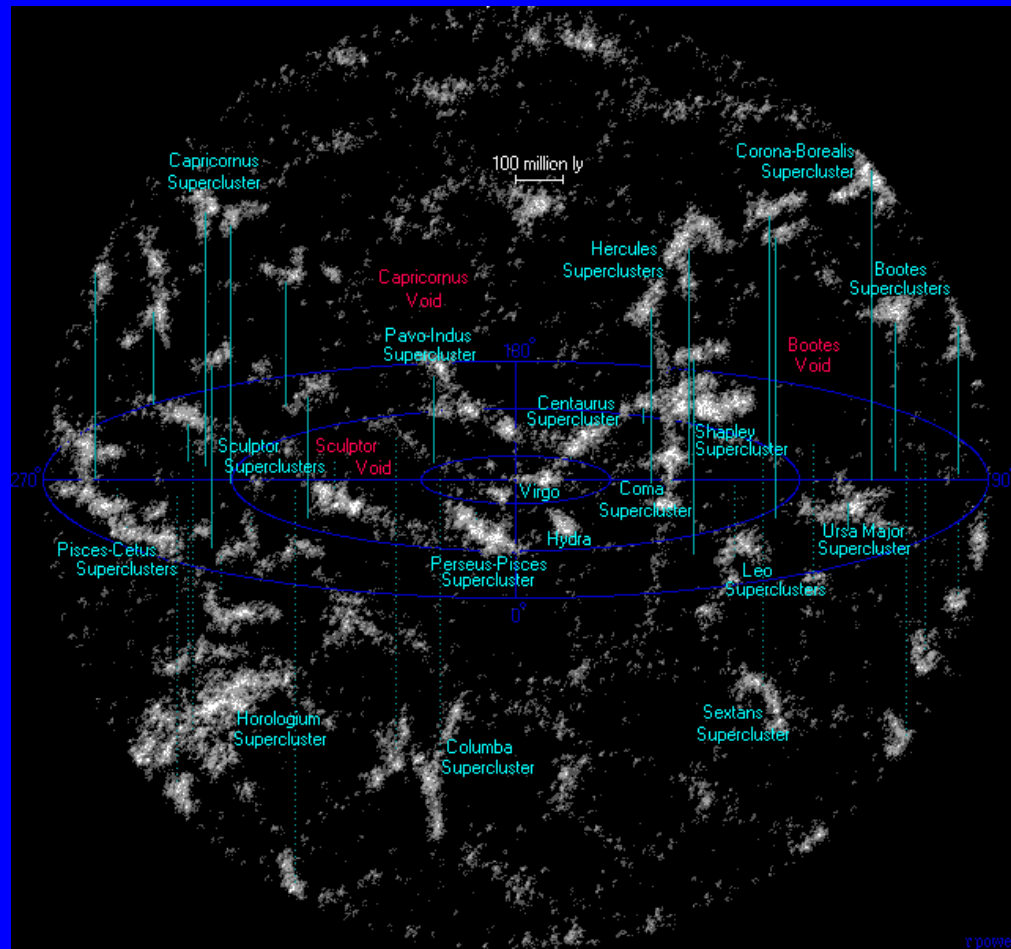
Supergromada w Pannie (Supergromada Lokalna) 100 milionów lat świetlnych

Droga Mleczna jest jedną z trzech większych galaktyk należących do grupy galaktyk zwanej Układem Lokalnym, który zawiera także kilka tuzinów galaktyk karłowatych. Prawie wszystkie galaktyki zostały przedstawione na mapie, ale należy wziąć pod uwagę, iż większość galaktyk karłowatych tak słabo świeci, że prawdopodobnie jeszcze kilka czeka na odkrycie. Liczba grup galaktyk = 200 dużych galaktyk = 2500, liczba galaktyk karłowatych = 25 000, liczba gwiazd = 200 bilionów



Wszechświat w odległości 1 miliarda lat świetlnych

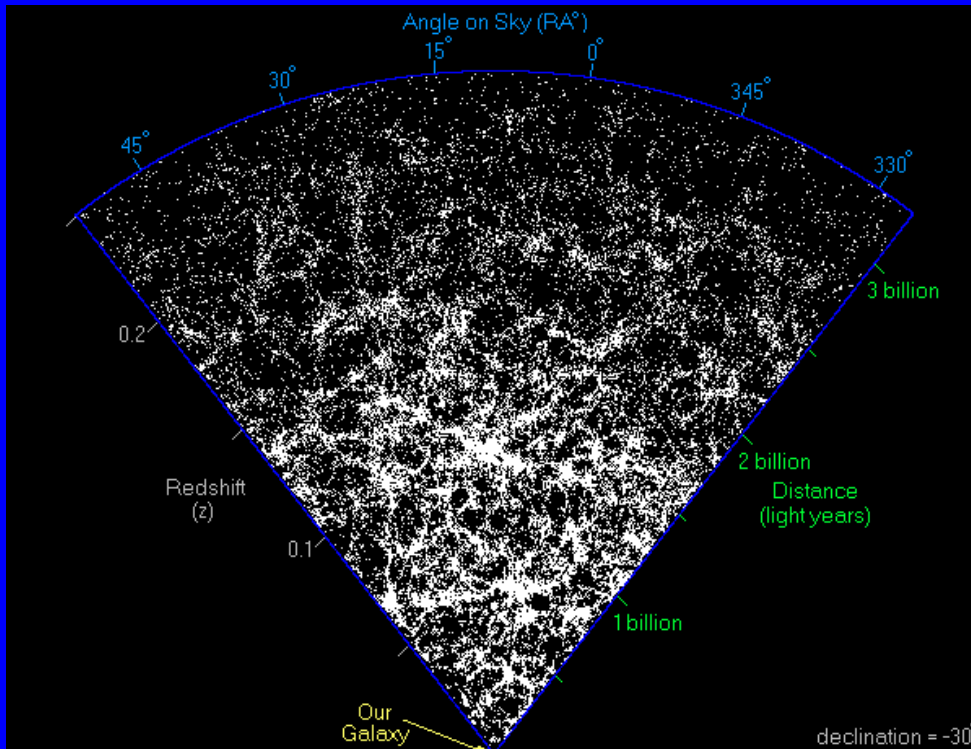
Galaktyki i gromady galaktyk nie są rozłożone jednolicie we Wszechświecie, ale zbierają się w ogromne gromady, warstwy i ściany galaktyk, przeplatane dużymi pustkami, w których, jak się wydaje, istnieje tylko niewielka liczba galaktyk. Powyższa mapa pokazuje wiele z tych supergromad, włączając w to Supergromadę w Pannie, która jest jedną z mniejszych supergromad, a nasza Galaktyka jest tylko jednym z jej mniejszych składników. Cała mapa zawiera w przybliżeniu 7 procent średnicy widzialnej części Wszechświata. Pojedyncze galaktyki są zbyt małe, aby umieścić je na mapie i stąd każdy punkt reprezentuje grupę galaktyk.



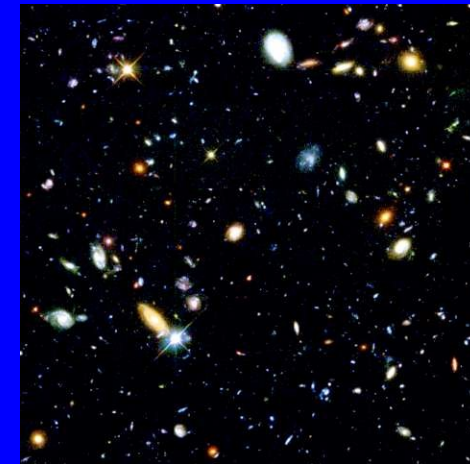
Rozmiar Wszechświata

Widzialna część Wszechświata wydaje się posiadać promień 14 miliardów lat świetlnych, mówiąc najprościej dlatego, że Wszechświat istnieje od około 14 miliardów lat. Światło od odleglejszych obiektów po prostu nie miało wystarczająco czasu, aby do nas dotrzeć. Z tego powodu każdy we Wszechświecie może uważać, że jest w środku swojego widzialnego wszechświata. Dokładna skala Wszechświata jest skomplikowana przez fakt jego rozszerzania się. Galaktyki, które widzimy blisko brzegu obserwowalnej części Wszechświata wyemitowały światło, gdy były znacznie bliżej nas i prawdopodobnie teraz są znacznie dalej.

Prawdziwy rozmiar Wszechświata musi być jednak o wiele większy, niż jego część, którą widzimy. Geometria Wszechświata sugeruje, że może on mieć nieskończone rozmiary i będzie się rozszerzał wiecznie. Nawet jeśli Wszechświat nie jest nieskończony, to widzialna jego część musi być jedynie maleńką drobiną daleko większej całości.



Głębokie Pole Hubble'a



Prawie każdy obiekt na tym obrazie jest galaktyką leżącą średnio w odległości 5 do 10 miliardów lat. Galaktyki ujawnione tutaj posiadają wszystkie możliwe kształty i kolory

Przepis na Wszechświat (składniki)

