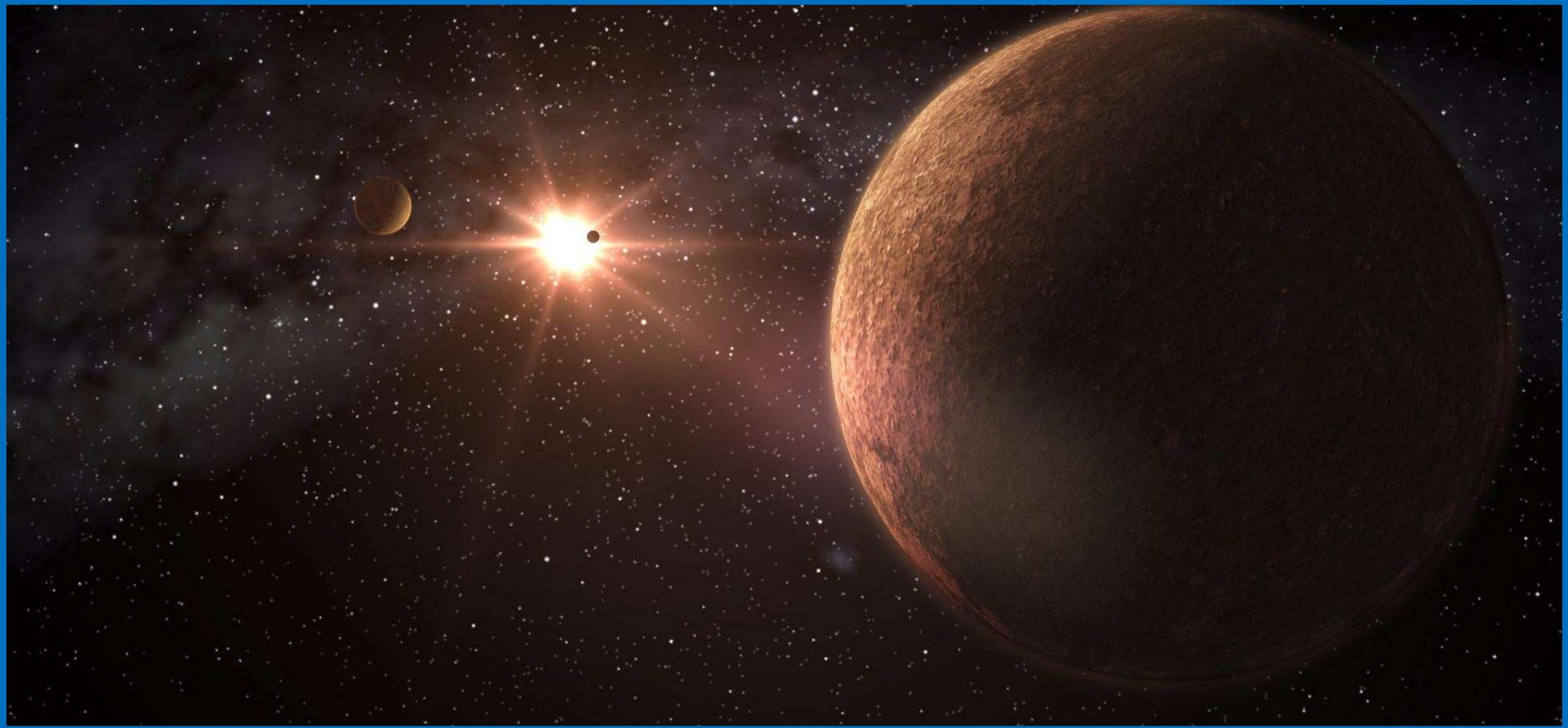




II. Ziemia we wszechświecie

1. Wszechświat



Poglądy na budowę świata

Teoria geocentryczna

→ **Teorię geocentryczną** w II w. n.e. przedstawił grecki astronom **Klaudiusz Ptolemeusz**.

→ Zakładała ona, że:

- centrum wszechświata stanowi nieruchoma Ziemia;
- w odległości 20 000 promieni ziemskich rozpościera się kryształowa sfera, do której przymocowane są gwiazdy stałe;
- wewnątrz niej jest 7 planet w kolejności: Księżyc, Merkury, Wenus, Słońce, Mars, Jowisz i Saturn (najdalsza planeta);
- Księżyc i Słońce biegają ruchem jednostajnym bezpośrednio po deferentach;
- pozostałe planety również poruszają się po okręgach wokół Ziemi, ale wykonują dodatkowo ruch jednostajny po mniejszym torze zwanym epicyklem.



Klaudiusz Ptolemeusz



Model geocentryczny Arystotelesa/Hipparcha/Ptolemeusza
(bez zachowania wielkości i skali odległości względem siebie)

Teoria heliocentryczna

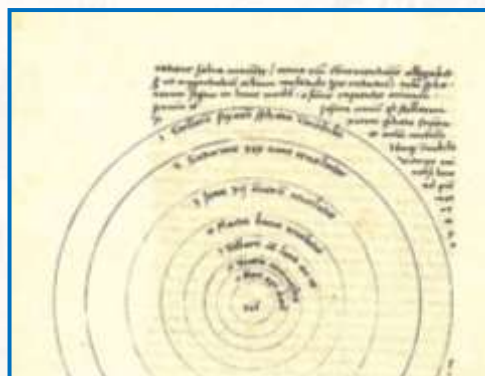
→ **Mikołaj Kopernik** (1473-1543 r.) w dziele *O obrotach sfer niebieskich* przedstawił **teorię heliocentryczną**.

→ Oto jej założenia (w starożytności podobne założenia przedstawił **Arystarch z Samos**):

- planety biegają ruchem jednostajnym po okręgach dookoła Słońca;
- Ziemia jest jedną z planet i również obiega Słońce;
- nieruchome Słońce znajduje się w środku wszechświata;
- gwiazdy pozostają w spoczynku na zewnątrz tego układu;
- rzeczywisty ruch wokół Ziemi wykonuje tylko Księżyc.



Mikołaj Kopernik



Reprodukcja strony dzieła De revolutionibus orbium coelestium z pismem i rysunkiem kreślonym ręką Mikołaja Kopernika (1473-1543).

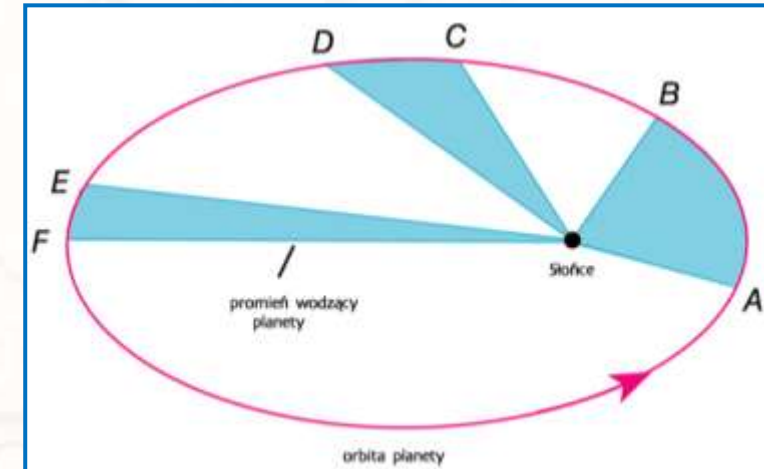


Model heliocentryczny Arystarcha
(bez zachowania wielkości i skali odległości względem siebie)

Prawa Keplera

→ Teorię kopernikowską uściślił **Johannes Kepler** (1571-1630 r.), formułując trzy prawa ruchu planet, zwane **prawami Keplera**:

- I. Planety poruszają się po orbitach eliptycznych, przy czym Słońce znajduje się w jednym z ognisk elipsy.
- II. Dla danej planety stałą wielkością jest tzw. **prędkość polowa** (tj. pole powierzchni figury ograniczonej łukiem elipsy zakreślonym przez planetę w jednostce czasu i odległościami od końca łuku do ogniska).
→ **Czyli im bliżej Słońca znajduje się planeta, to tym szybciej się porusza.**
- III. Kwadraty okresów obiegu planet wokół Słońca są proporcjonalne do trzecich potęg ich średnich odległości od Słońca.



W jednakowych odstępach czasu w ruchu obiegowym Ziemia pokonuje różne odcinki drogi na orbicie, natomiast pole zakreślane przez promień wodzący Ziemi w równych odstępach czasu jest takie samo - II prawo Keplera

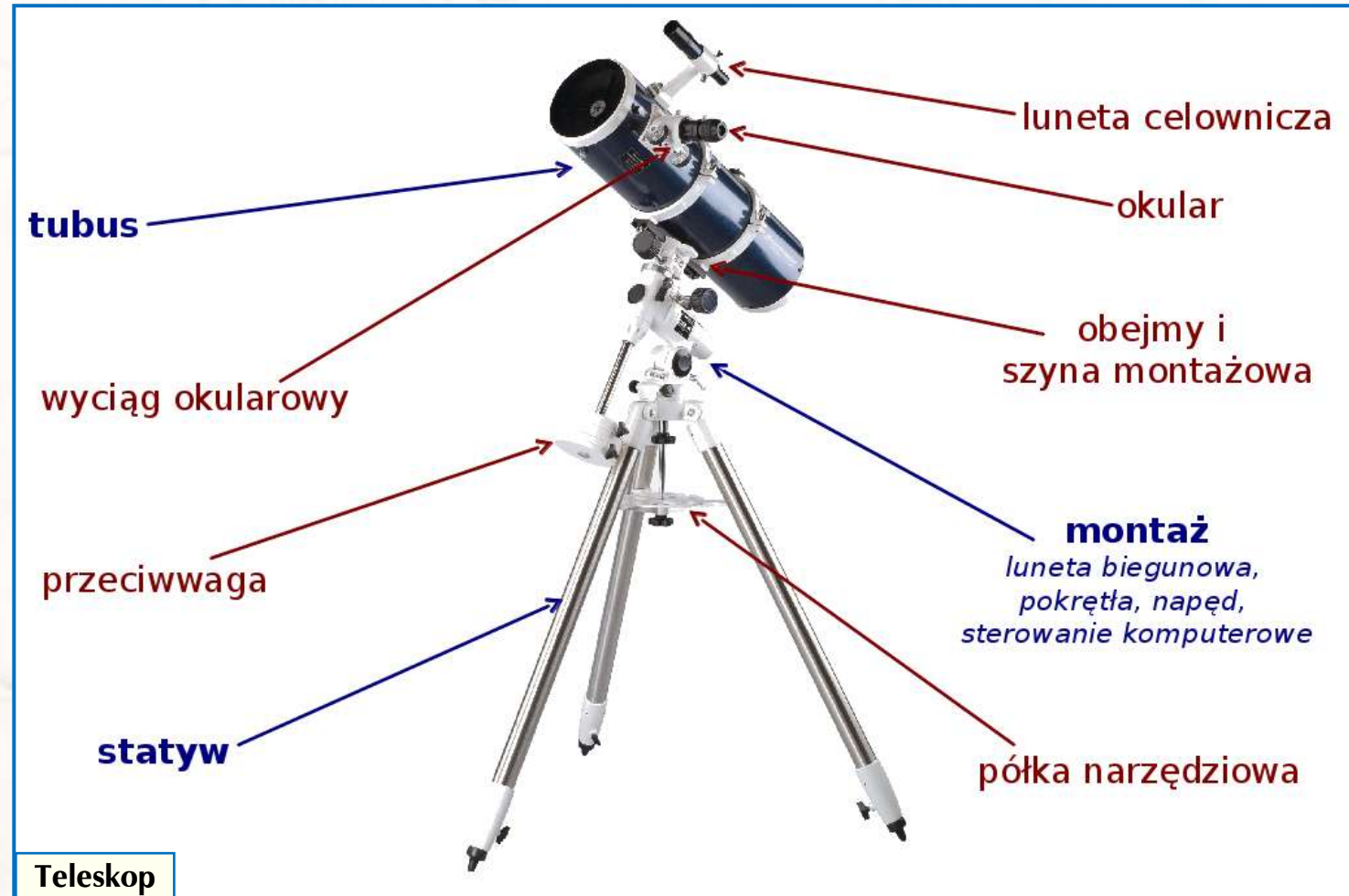


Precyzowanie wiedzy o Wszechświecie i jego budowie

- **Luneta**, skonstruowana w XVII wieku przez **Galileusza** i **teleskop**, skonstruowany nieco później przez **Izaaka Newtona**, uświadomiły ludziom, że to, co obserwują gołym okiem, jest tylko niewielkim fragmentem otaczającego ich wszechświata.
- Poznawany w coraz większym stopniu i w coraz większej ilości ogrom materii kosmicznej został uporządkowany w galaktyki.



Luneta



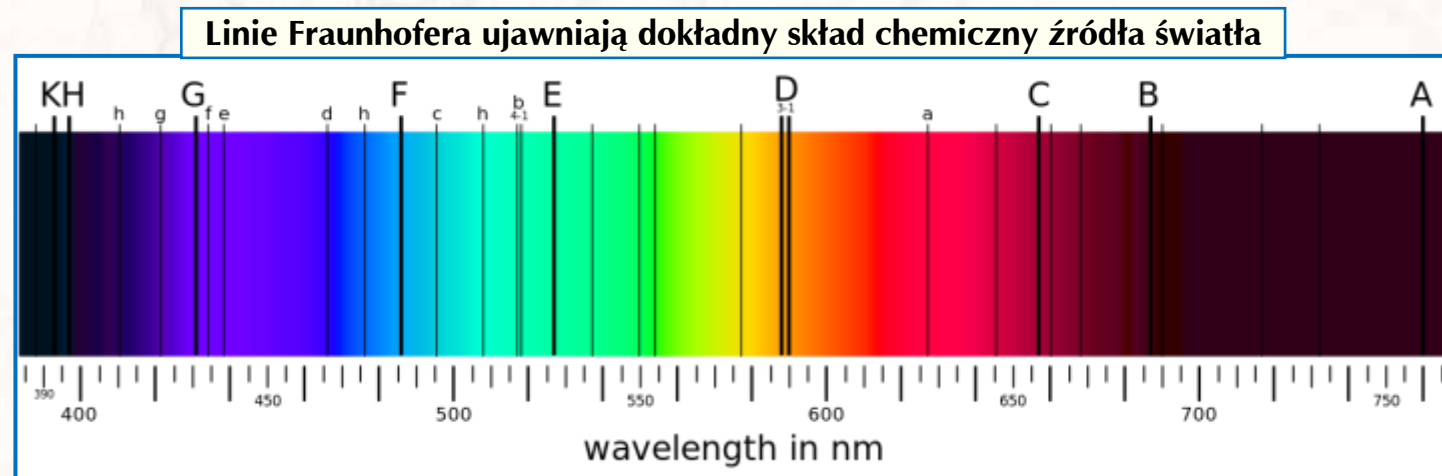
Teleskop

Linie Fraunhofera

- Zaobserwowane przez **Josepha Von Fraunhofera** (1787-1826) **ciemne i jasne linie na tle widma różnego światła** odpowiadają określonym **pierwiastkom**, zawartym **w atmosferze gwiazdy**.
- Ich powstanie wiąże się z pochłanianiem przez pary pierwiastków, występujących w atmosferze, składników światła białego o odpowiednich długościach fal.
- Stały się one narzędziem do **badania składu chemicznego Słońca i innych gwiazd**.
- To doświadczenie pokazało, że Słońce i gwiazdy nie różnią się między sobą składem chemicznym.
- Słońce, centrum naszego układu, jest tylko jedną z miliardów gwiazd we wszechświecie, w której zachodzą reakcje termojądrowe, przemiany **wodoru** w **hel**, wyzwalamy ogromne ilości energii, dające ciepło i światło.

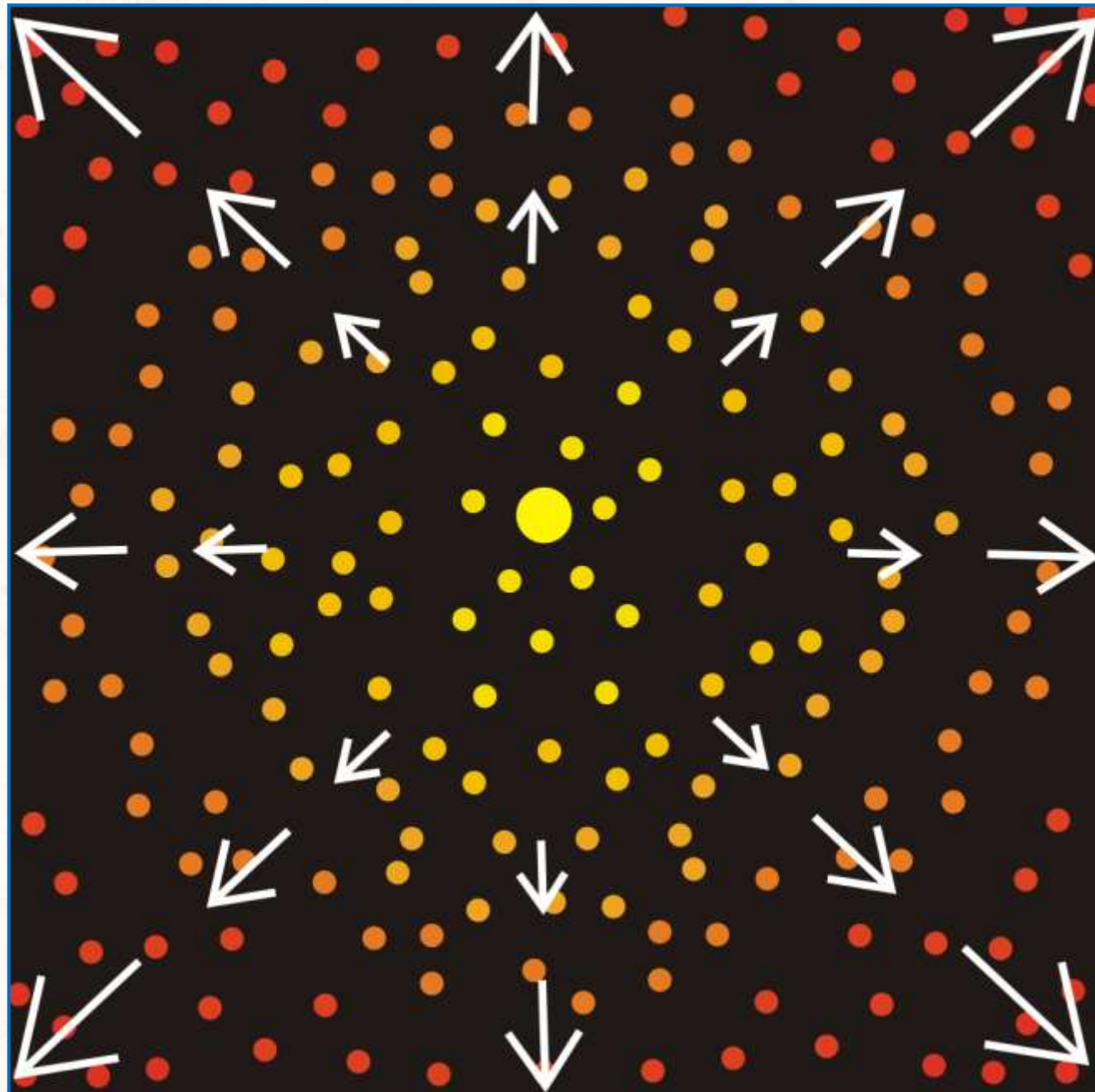
Symbol	λ [nm]	Pochodzenie
A	759,4	Cząsteczki tlenu (O_2^*)
B	686,7	Cząsteczki tlenu (O_2^*)
C	656,3	Atomy wodoru (H)
D	589,0	Atomy sodu (Na)
E	527,0	Atomy żelaza (Fe)
F	486,1	Atomy wodoru (H)
G	430,8	Atomy wapnia (Ca) i żelaza (Fe)
H	396,8	Atomy wapnia (Ca)
K	393,4	Atomy wapnia (Ca)

* – pochłanianie w atmosferze Ziemi (linie telluryczne)



Zjawisko Dopplera

- Badania, polegające na obserwacji widma dwóch różnych gwiazd, przeprowadzone przez **Christiana Dopplera** na początku XX wieku umożliwiły określenie zarówno kierunku, jak i szybkości poruszania się dowolnego źródła światła na niebie.
- Obserwacja widma pozwoliła wyciągnąć wniosek, że najstarsze i najdalsze galaktyki oddalają się od Ziemi z ogromną prędkością.
- To zrodziło **koncepcję rozszerzającego się wszechświata**.
- Wykorzystując zjawisko Dopplera, wyliczono moment w przeszłości, kiedy wszystkie galaktyki ściśnięte były w jeden punkt.
- Chwila ta, jak wynika z obliczeń, wypada na **około 13,8 miliardów lat temu**.



Obecne metody badań i eksploracji kosmosu

- Obecnie w celu zdobywania wiedzy o kosmosie wykorzystujemy:
 - **teleskopy optyczne** – najbardziej znanym jest działający na orbicie okołoziemskiej Teleskop Kosmiczny Hubble’a,
 - miejsce takie umożliwia lepsze pomiary, szczególnie w przypadku niektórych długości fal, ponieważ eliminujemy wpływ atmosfery na uzyskiwane wyniki,
 - teleskopy poza kosmosem umieszcza się bezpośrednio na powierzchni Ziemi, zwykle w górach, na pustyniach, czyli wszędzie tam gdzie atmosfera jest możliwie najczystsza;
 - **radioteleskopy** – rejestrujące wysyłane przez obiekty kosmiczne fale radiowe, umieszczane:
 - na powierzchni Ziemi – największy działający obecnie w Chinach radioteleskop “Fast” ma średnicę 500 m,
 - w kosmosie – dzięki nim możemy obserwować pulsary.



Radioteleskop Fast w Chinach



Teleskop Kosmiczny Hubble'a

Obecne metody badań i eksploracji kosmosu

→ Niezmiernie ważne w celu zdobywania wiedzy o kosmosie są także:

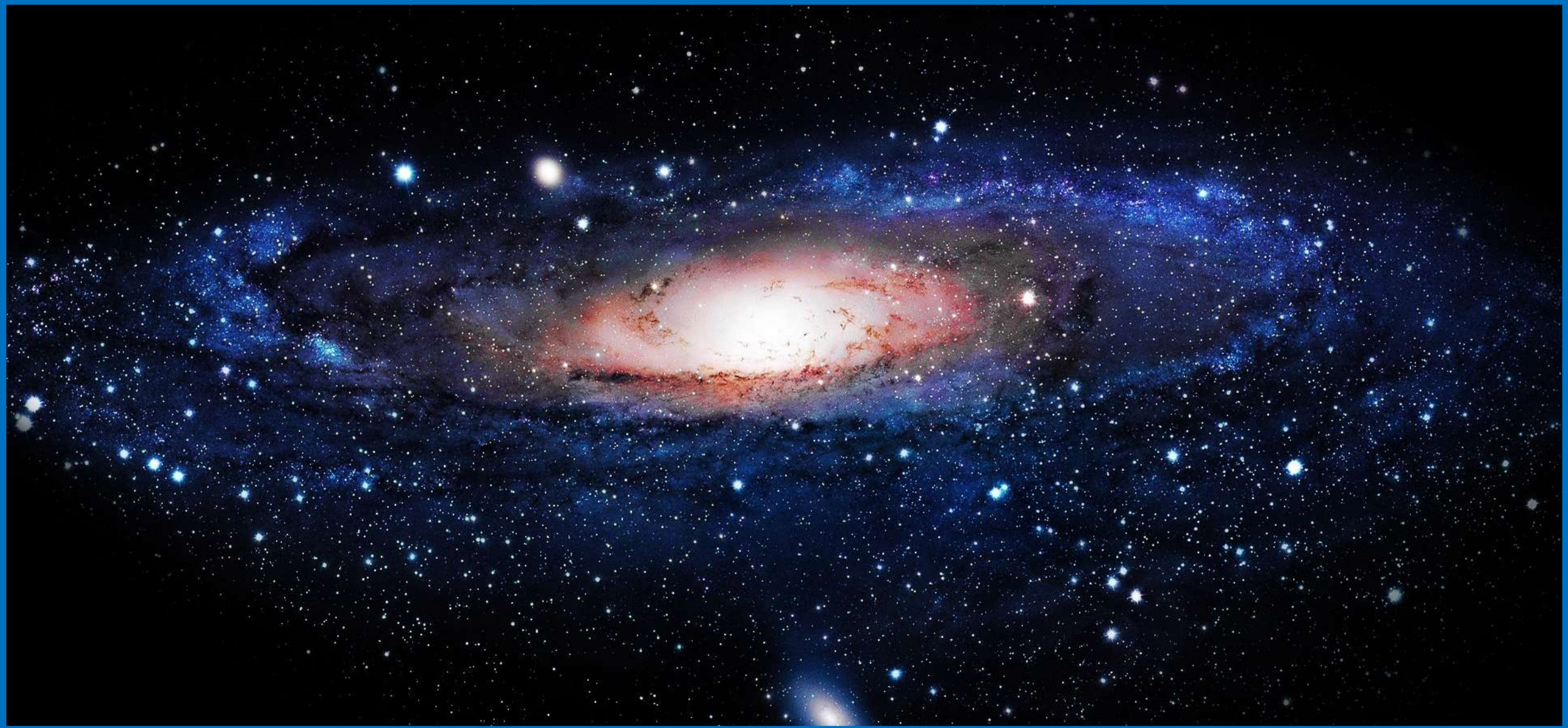
- **statki kosmiczne** – statki latające poza atmosferą Ziemi, umożliwiające załogowe lub bezzałogowe loty w kosmos, dzielące się na:
 - **sondy kosmiczne** – wynoszone przez wahadłowce lub rakiety nośne bezzałogowe i zautomatyzowane statki prowadzące różnorodne badania naukowe w kosmosie,
 - **sztuczne satelity** – poruszające się po orbicie wokół ciała niebieskiego (głównie Ziemi lub ciał Układu Słonecznego),
 - **stacje kosmiczne** – satelity na których ludzie mogą mieszkać i prowadzić badania naukowe;
- **meteoryty** – fragmenty ciał niebieskich, które spadły na powierzchnię Ziemi, umożliwiające zdobywanie wiadomości na temat właściwości fizycznych i chemicznych pozaziemskich minerałów i skał.



Jurij Gagarin (po lewej) – pierwszy człowiek w przestrzeni kosmicznej (12 kwietnia 1961 roku odbył lot trwający 1 godzinę 48 minut), który odbył lot na statku kosmicznym Wostok 1 (model statku po prawej).



Neil Armstrong (po lewej) – pierwszy człowiek na księżycu (dowódca misji kosmicznej Apollo 11 z 21 lipca 1969, w której brali także udział Michael Collins (na środku) i Edwin Aldrin (po prawej); autor słów "To mały krok człowieka, ale wielki skok ludzkości").



Teorie i poglądy dotyczące powstania Wszechświata

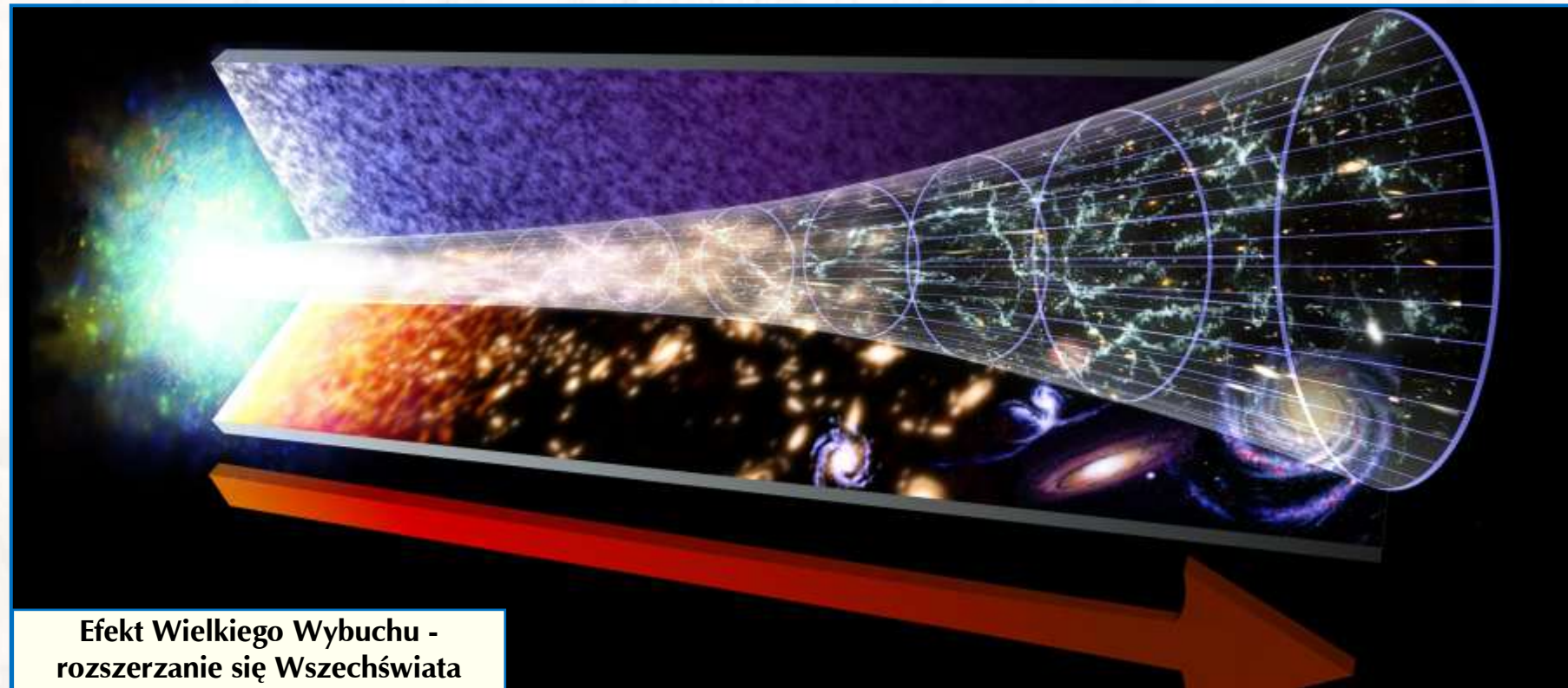
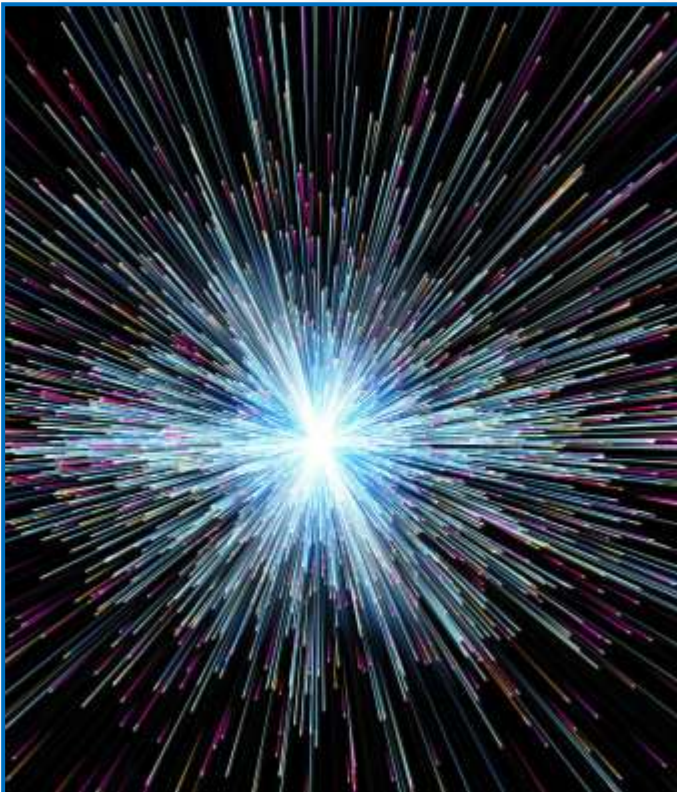
Teoria kreacjonistyczna

- Powstanie wszechświata do dziś stanowi jednak zagadkę, która wciąż czeka na ostateczne rozwiązanie.
- Jeszcze nie tak dawno wydawało się, że odpowiedź jest oczywista.
 - Powszechnie na świecie przyjmowano **pogląd kreacjonistyczny** głoszący, iż **Ziemia i cały wszechświat są dziełem Boga**.
 - Trudno jednak takie wyjaśnienie rozpatrywać z naukowego punktu widzenia.
- Uznanie kreacjonizmu pozostaje sprawą wiary, a nie wiedzy.
 - W religii i nauce chrześcijańskiej udaje się zresztą logicznie połączyć hipotezy naukowe dotyczące ewolucji wszechświata z poglądami kreacjonistycznymi bez szkody dla jednych czy drugich.



Teoria Wielkiego Wybuchu (Big Bang)

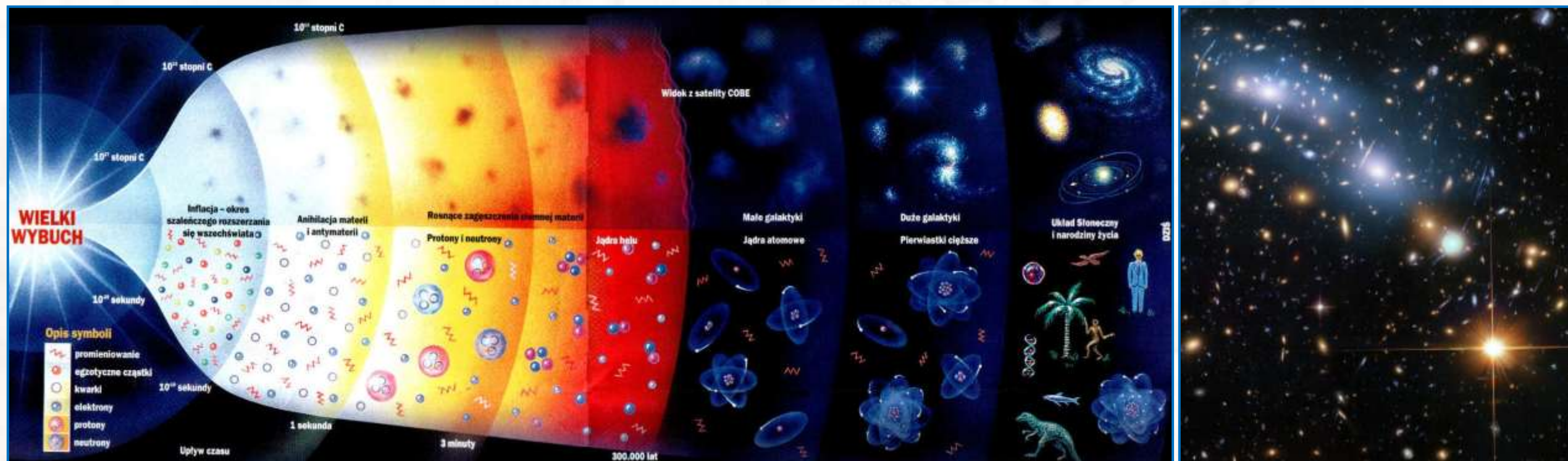
- Najbardziej prawdopodobną teorią powstania wszechświata jest **teoria Wielkiego Wybuchu**.
- Dotyczył on olbrzymiego skupiska materii rzędu 10^{95} kg/m³.
- O tym początkowym stanie wszechświata sprzed około **13,8 miliardów lat** wiemy tylko tyle, że **wszechświat był nieskończenie mały i miał nieskończenie wielką gęstość i temperaturę** – czyli, że był **osobliwością**.
- Od momentu wielkiej eksplozji, datowanej na około 13,8 mld lat temu (13,799 mld lat), wszechświat ekspanduje, a jego przeciętna gęstość i temperatura spadają.
- Jaka jest teraz przeciętna gęstość materii w przestrzeni? – nie wiadomo, między innymi dlatego, że nie została określona masa ciemnej materii.



Efekt Wielkiego Wybuchu -
rozszerzanie się Wszechświata

Ekspansja Wszechświata

- Jak obliczono, w ciągu 200 sekund po wybuchu temperatura obniżyła się na tyle, że z powstających **jąderek wodorowych** zaczęły tworzyć się **deuterony** (atomy ciężkiego wodoru), z których po upływie kilku minut powstały **jądra helu**, a po kilkunastu minutach – **wodorowo-helowy skład materii wszechświata**.
- **Około 380 000 lat** po wybuchu, gdy słabło promieniowanie, Wszechświat stawał się **coraz chłodniejszy i ciemniejszy**, nastąpiła **epoka neutralizacji** – **protony zaczęły wiązać się z elektronami** tworząc **neutralny gaz wodorowy**.
- W wyniku niestabilności grawitacyjnej tworzyły się **kompleksy gazowe**.
- **Około 100-200 mln lat** obłoki gazów pod wpływem grawitacji zapadały się, tworząc pierwsze **gwiazdy**, zaś około 400 mln lat tworzyły już skupiska gwiazd w postaci **galaktyk** – wokół niektórych gwiazd powstały **układy planetarne** (np. **Układ Słoneczny**).



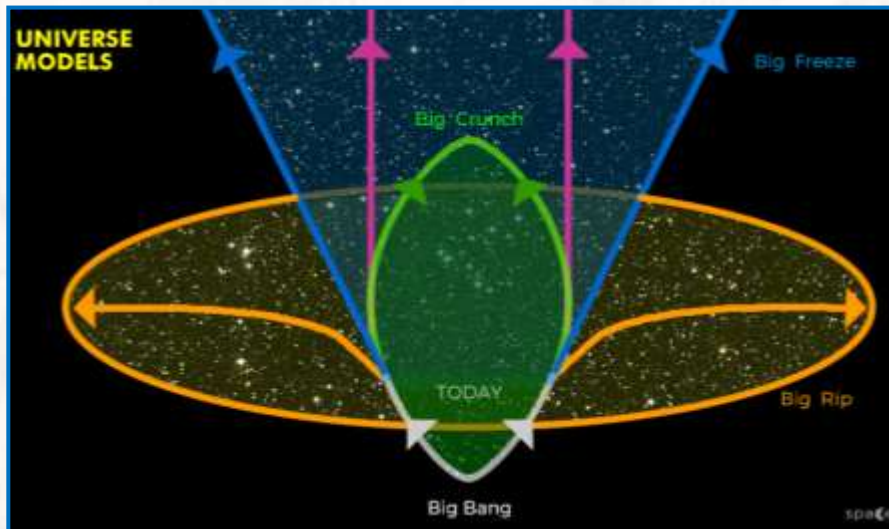
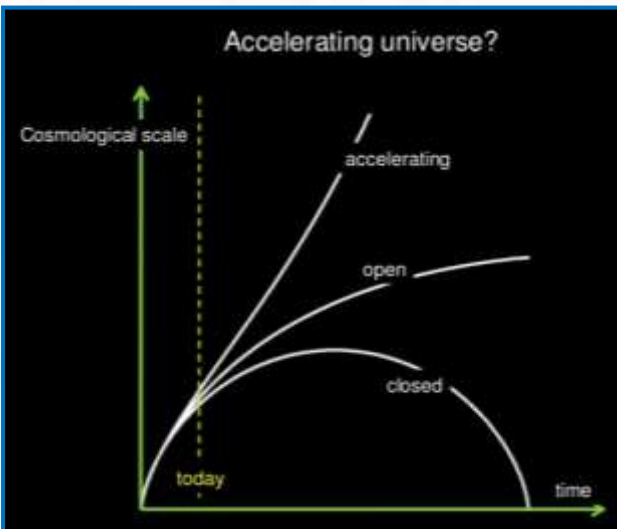
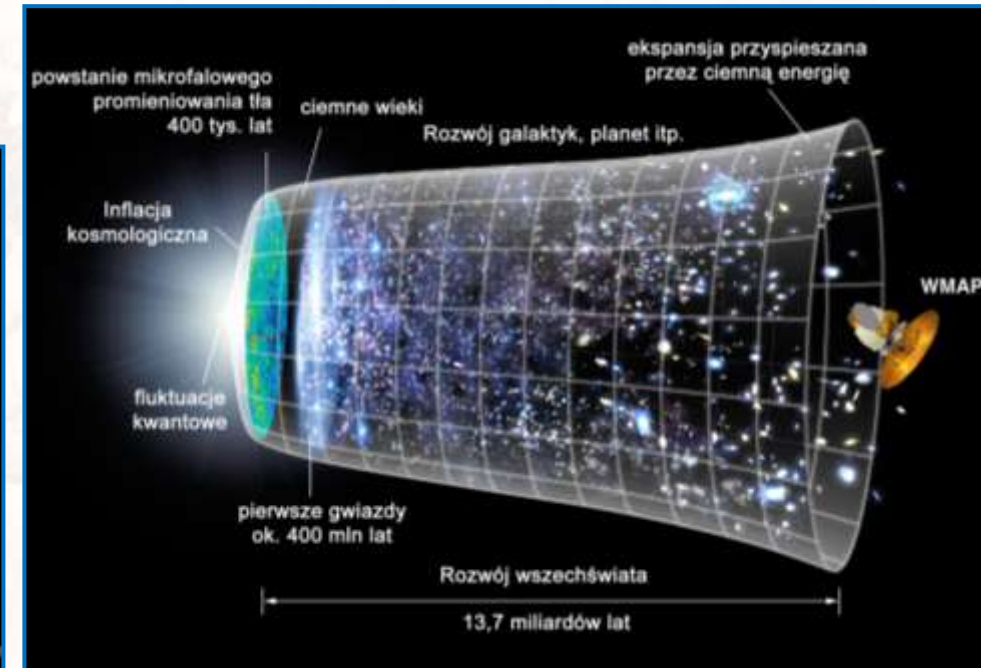
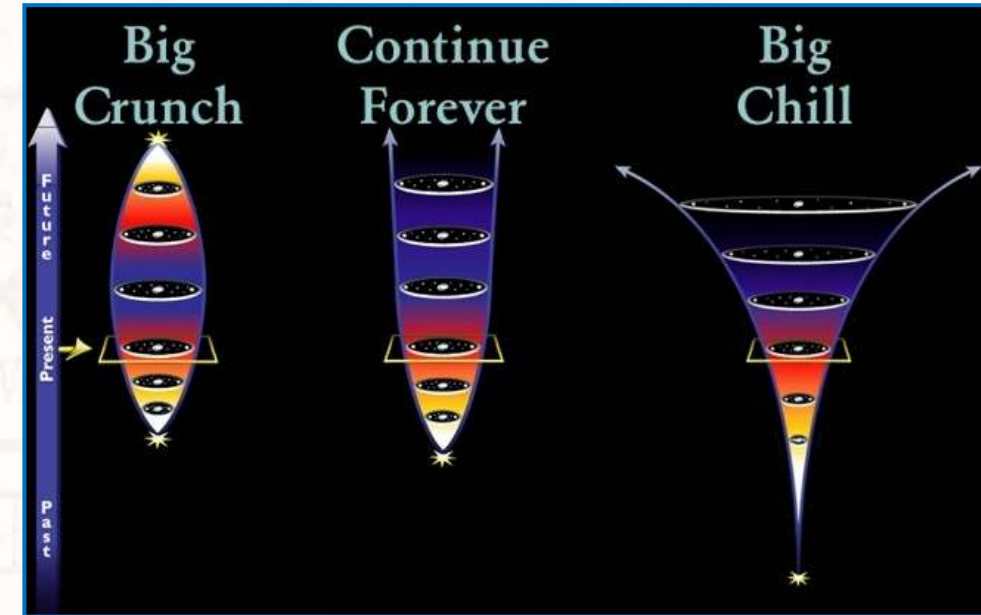
Co będzie dalej!

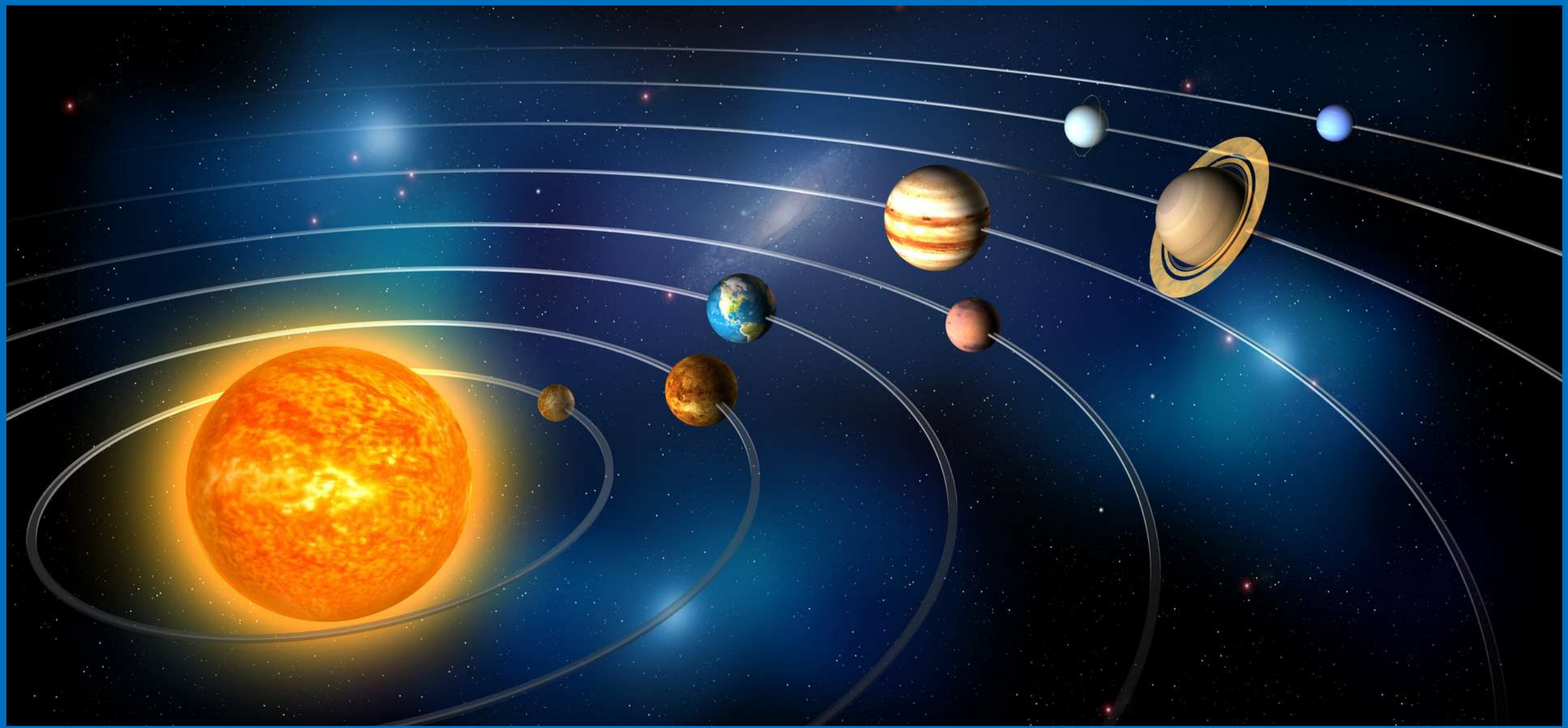
→ **Przyszłość wszechświata** może być dwojaki:

→ **model zamkniętego wszechświata** – jeżeli gęstość materii przekracza wartość krytyczną (10 neutronów i protonów na metr sześcienny), powinien on z czasem zacząć się **kurczyć**, osiągając znów nieskończenie małe rozmiary;

→ w 1929 r. astronom **Edwin Hubble** odkrył, że galaktyki oddalają się od siebie – na tej podstawie stwierdzono, że wszechświat będzie się rozszerzał, aż po pewnym czasie, w wyniku działania sił grawitacyjnych zacznie się kurczyć, zaś dalej ponownie zgromadzi się olbrzymia ilość materii na niewielkim obszarze, a po osiągnięciu przez nią masy krytycznej nastąpi ponowny wybuch;

→ **model otwartego wszechświata** – jeżeli gęstość materii jest mniejsza od wartości krytycznej – będzie się **rozszerzał w nieskończoność**.

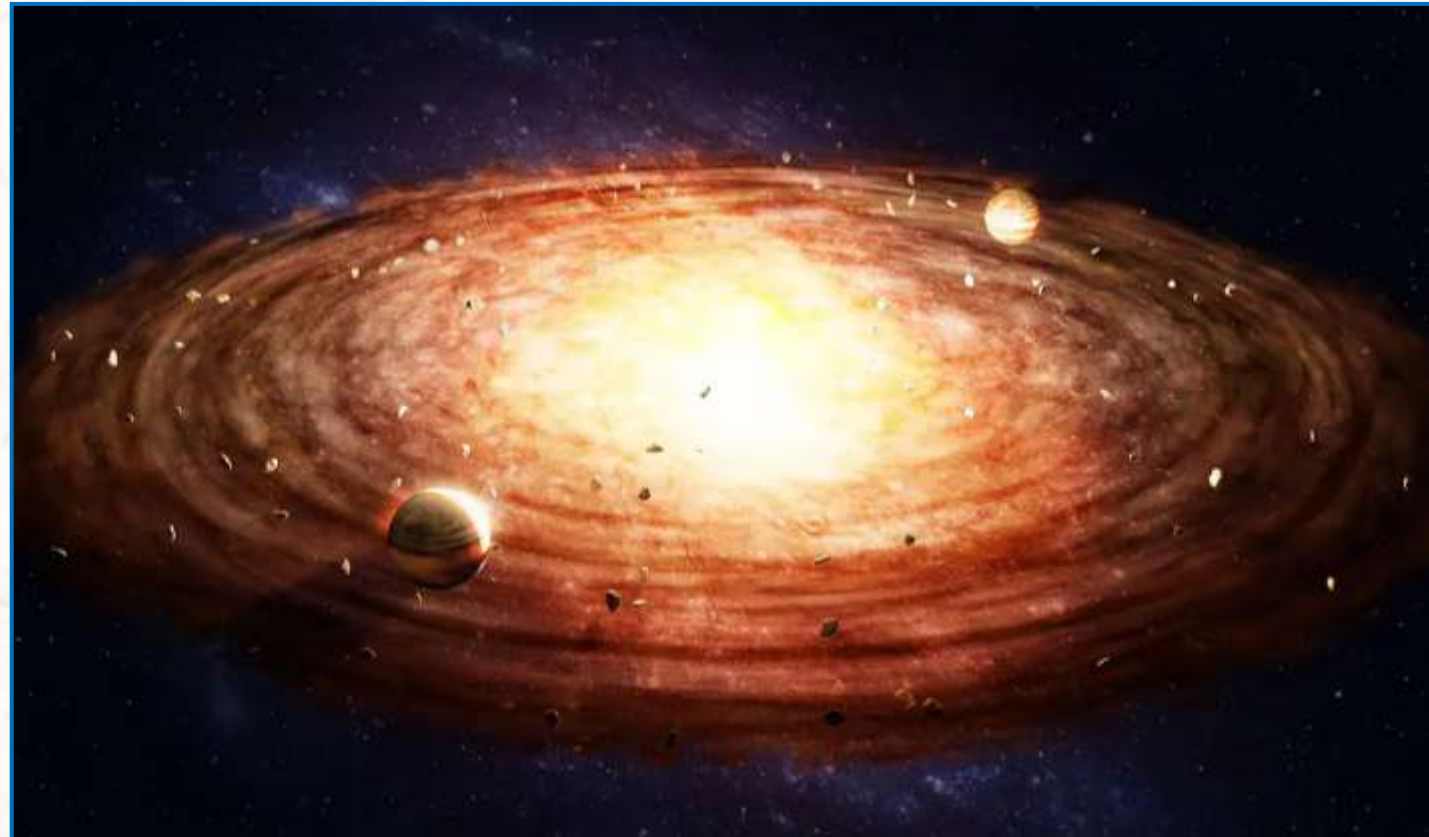




Powstanie Układu Słonecznego

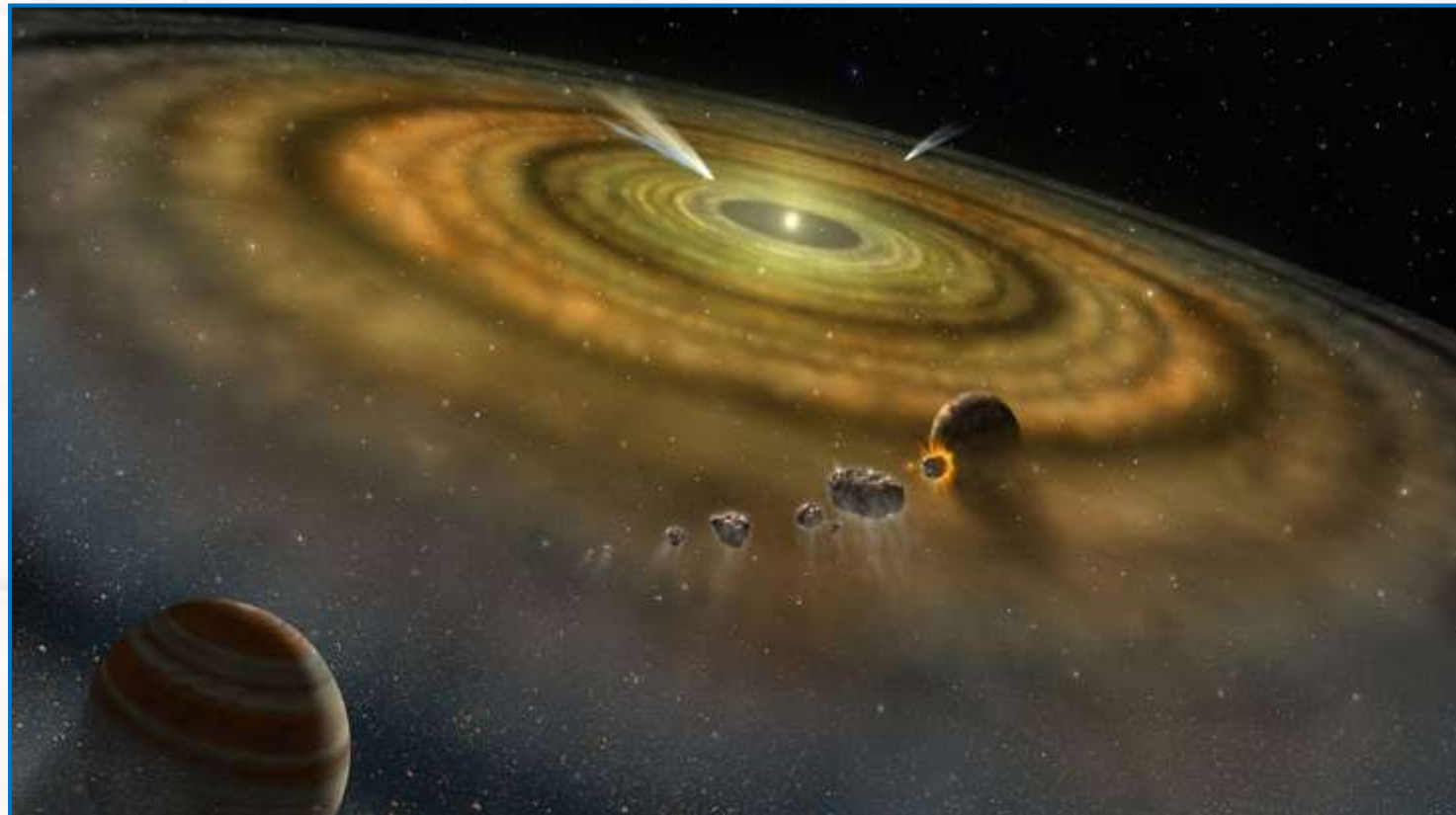
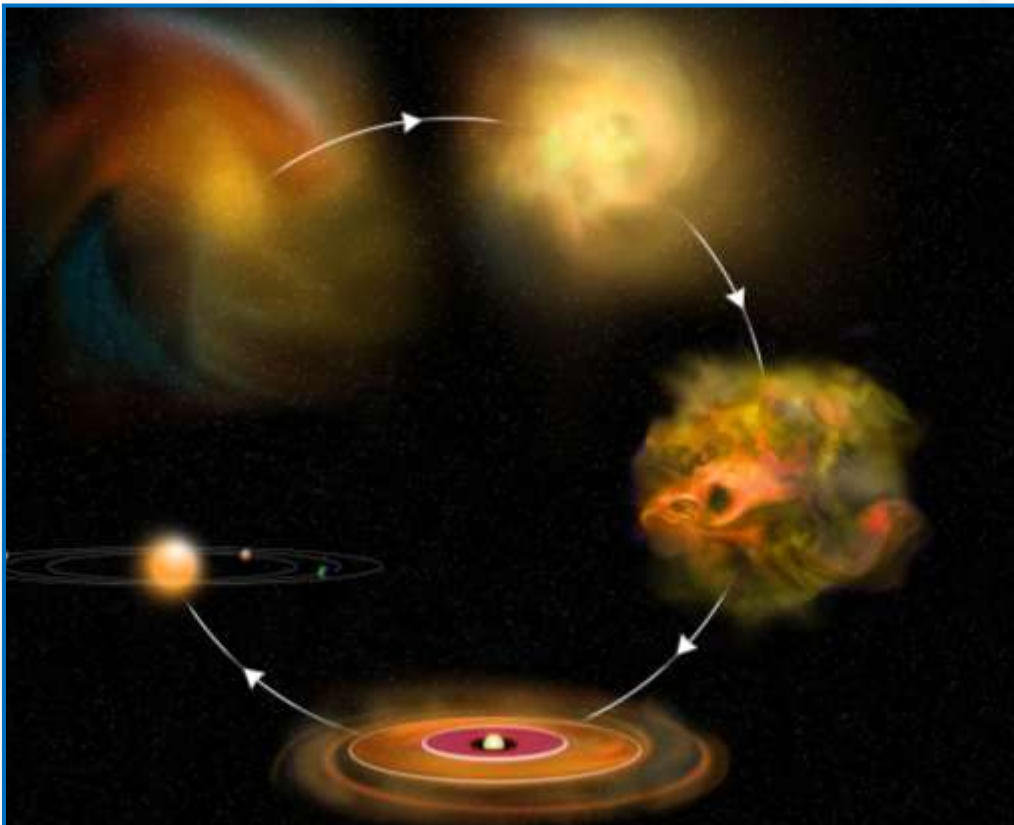
Teoria mgławicowa (Hipoteza kontrakcyjna)

- Przypuszcza się, że **Układ Słoneczny**, zgodnie z **hipotezą kontrakcyjną** (teorią mgławicową) powstał z **obłoku pyłów i gazów**, jakich wiele występuje we wszechświecie.
- Około **5 mld lat temu** jeden z obłoków pod wpływem grawitacji zaczął się **zapadać**.
- Chmura, wirując, kurczyła się coraz bardziej – najintensywniej wokół najbardziej gęstego obszaru.
- Po jakimś czasie obłok zmienił się w **protogwiazdę**, czyli początkowe stadium nowo powstającej gwiazdy.
- Kiedy ciśnienie i temperatura stały się w niej wystarczająco wysokie, doszło do zainicjowania reakcji termojądrowej.
- Tak powstało **Słońce**.



Powstanie planet Układu Słonecznego

- Ponad 90% materii obłoku skoncentrowało się w Słońcu (obecnie jest w nim 99,86% masy Układu Słonecznego).
- Pozostała część uformowała wokół niego swoisty **dysk**.
- Dysk wirował w tym samym kierunku, co Słońce.
- Pył w dysku, zwany **mgławicą protoplanetarną**, zderzał się i sklejał w coraz większe cząstki.
- Stały się one **planetezymalami** – skalistymi bryłami o wielkości kilku kilometrów.
- Planetezymale, zderzając się, łączyły się w coraz większe bryły zwane **protoplanetami**.
- Te natomiast połączyły się tworząc znane nam **planety**.



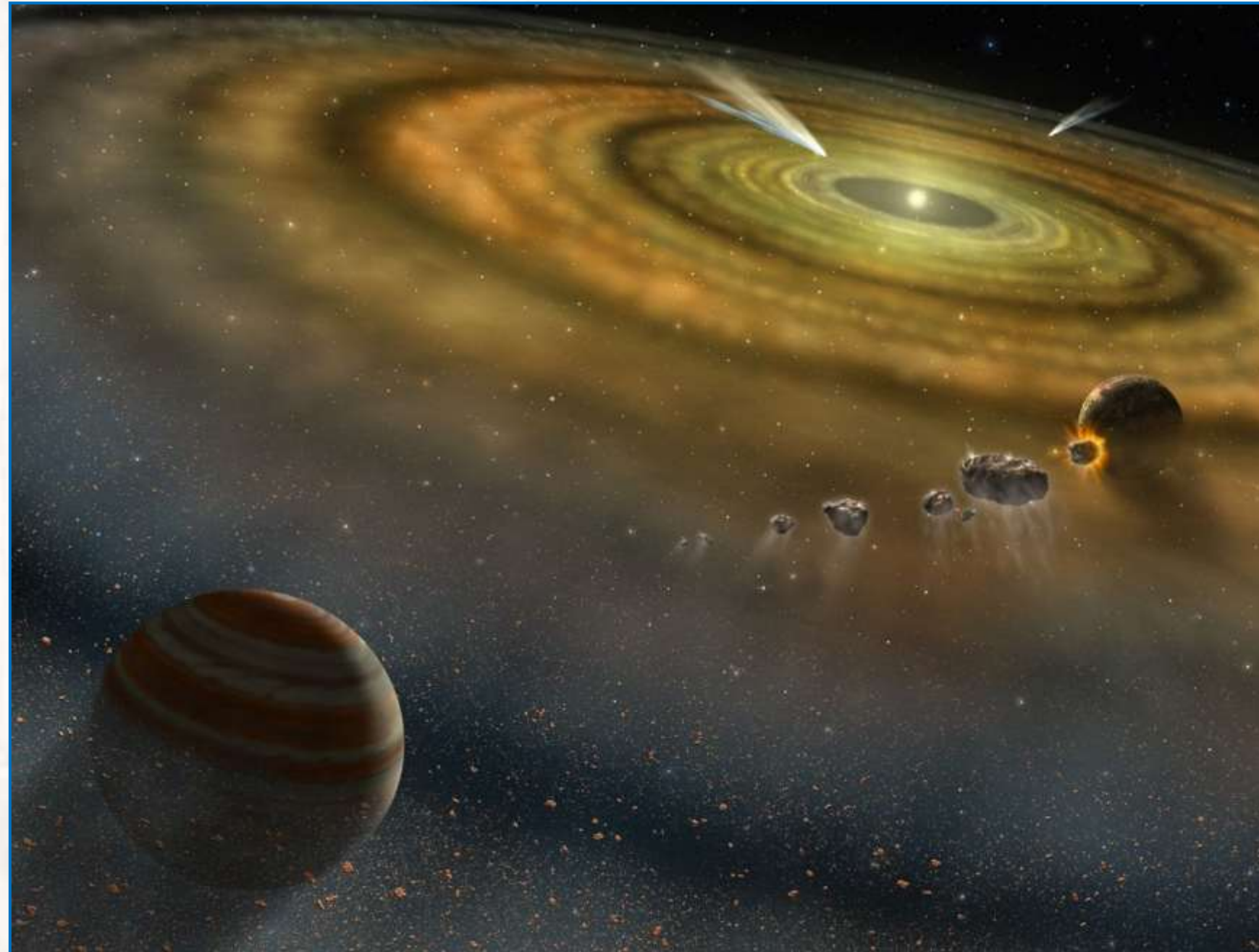
Powstanie Księżyca

- Zderzenia materii nowo powstającego Układu Słonecznego prowadziły nie tylko do łączenia ciał.
- Czasami z protoplanet w wyniku uderzenia wybijana była materia – w ten sposób powstał nasz **Księżyc**.
- Ten etap formowania Układu Słonecznego określa się niekiedy “**wielkim bombardowaniem**”.



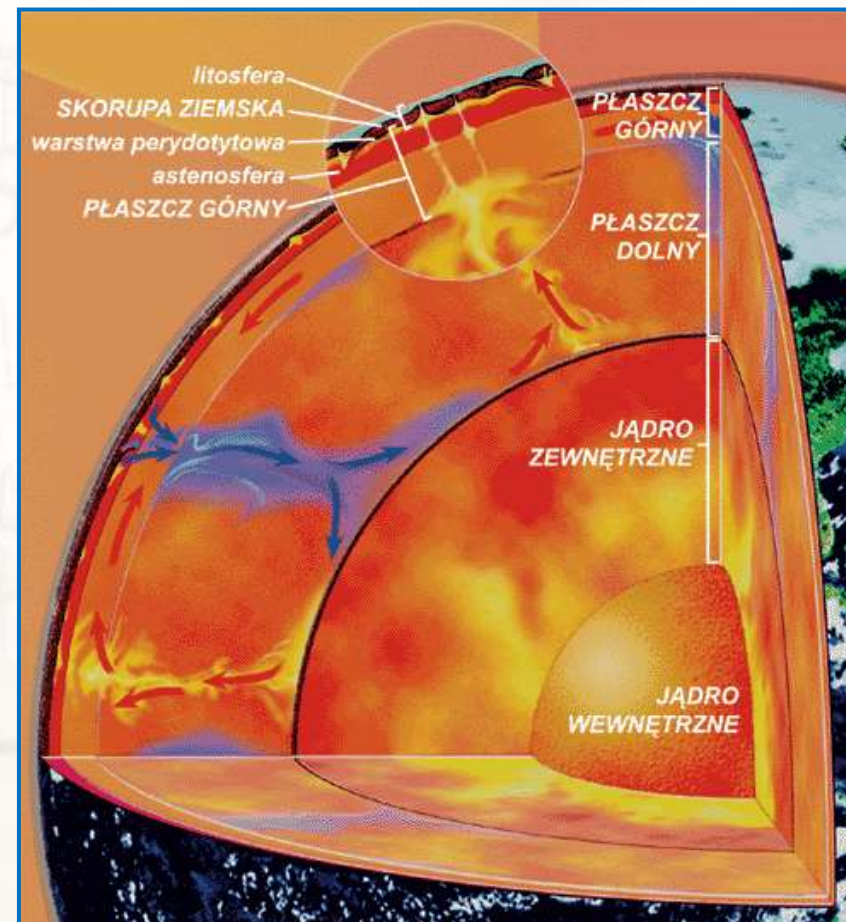
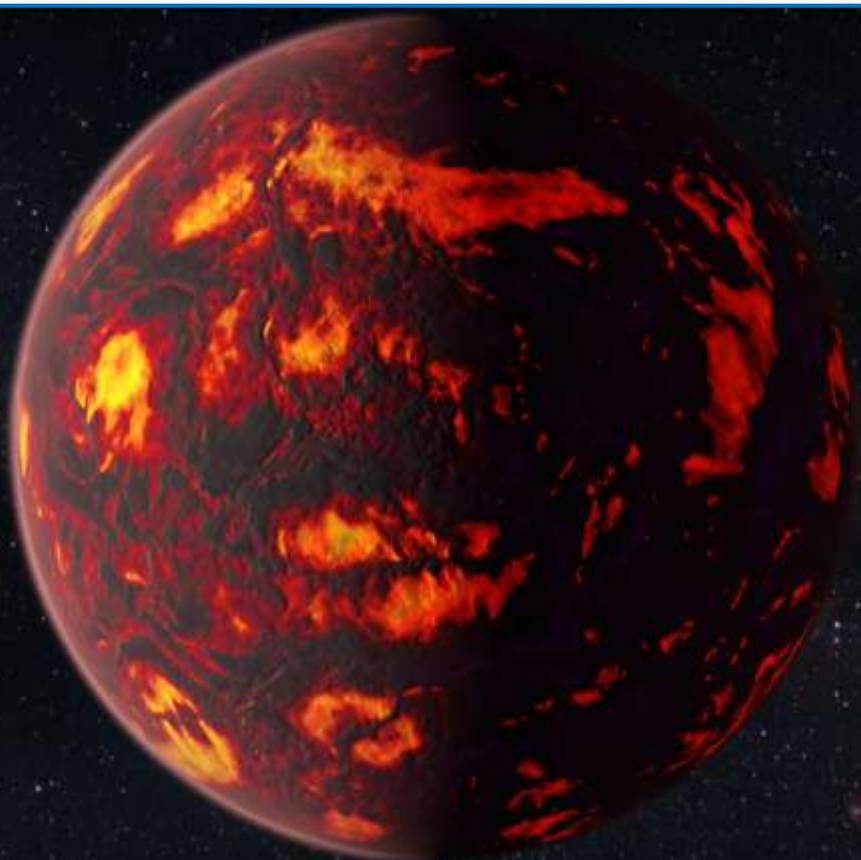
Skład chemiczny planet Układu Słonecznego

- Wysoka temperatura panująca w pobliżu Słońca uniemożliwiała utrzymanie się wody, gazów i innych lekkich pierwiastków oraz związków.
- Dlatego planety położone bliżej Słońca są zbudowane z pierwiastków ciężkich (planety wewnętrzne Układu Słonecznego – planety skaliste grupy ziemskiej: Merkury, Wenus, Ziemia i Mars).
- Dalej od Słońca, tam gdzie temperatury były na tyle niskie, że planety mogły utrzymać duże ilości wody, lodu i gazów, powstały gazowe planety olbrzymy (planety zewnętrzne Układu Słonecznego – wielkie gazowe olbrzymy: Jowisz, Saturn, Uran i Neptun).



Powstanie Ziemi

- **Ziemia** powstała około **4,6 miliarda lat temu** jako jedna z planet US w procesie “**wielkiego bombardowania**”.
- Wkrótce po uformowaniu w **protoplanetę** rozpoczął się proces kształtowania jej budowy wewnętrznej.
- W wyniku koncentracji pierwiastków promieniotwórczych oraz, w mniejszym stopniu, na skutek energii wyzwalaanej w trakcie zderzeń z krążącymi wokół planetezymelami Ziemia **zaczęła się rozgrzewać**.
- Spowodowało to **przemieszczenie cięższych pierwiastków do wnętrza Ziemi (żelazo, nikiel)**, a **lżejszych ku jej powierzchni** (np. krzem, glin, tlen i wapń; najlżejsze uformowały **atmosferę**: azot, para wodna i dwutlenek węgla).
- Tak uformowały się: **jądro** (ciężkie pierwiastki), **płaszcz** i **skorupa ziemska**.

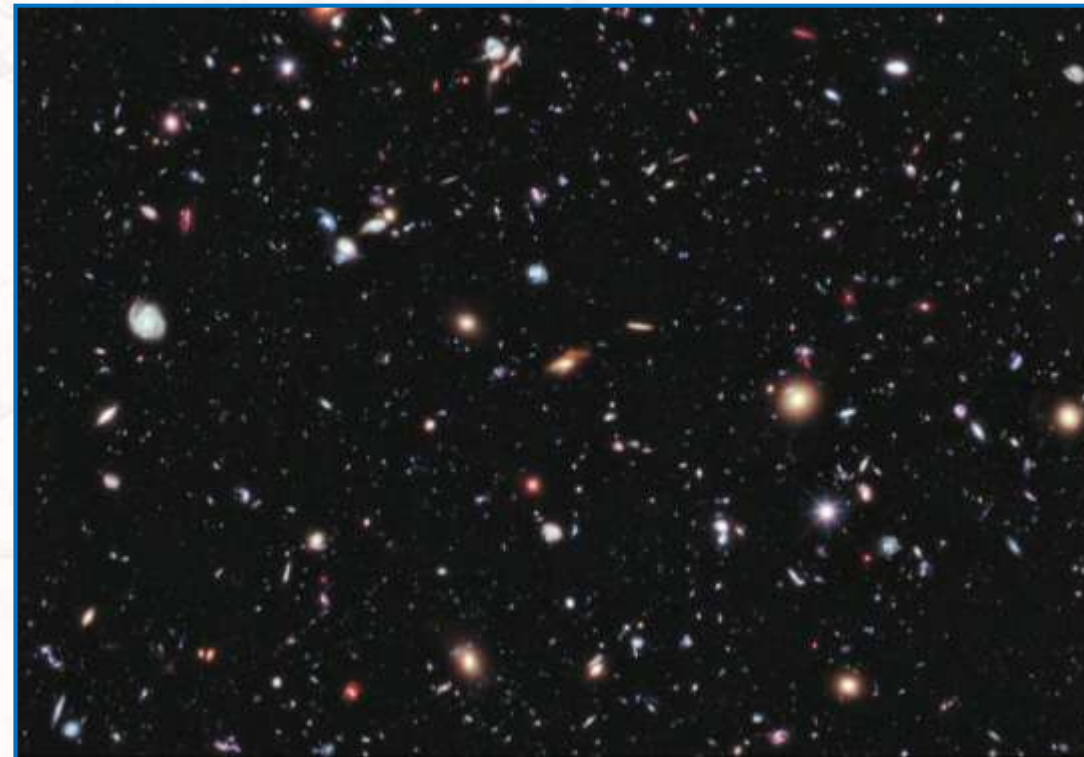
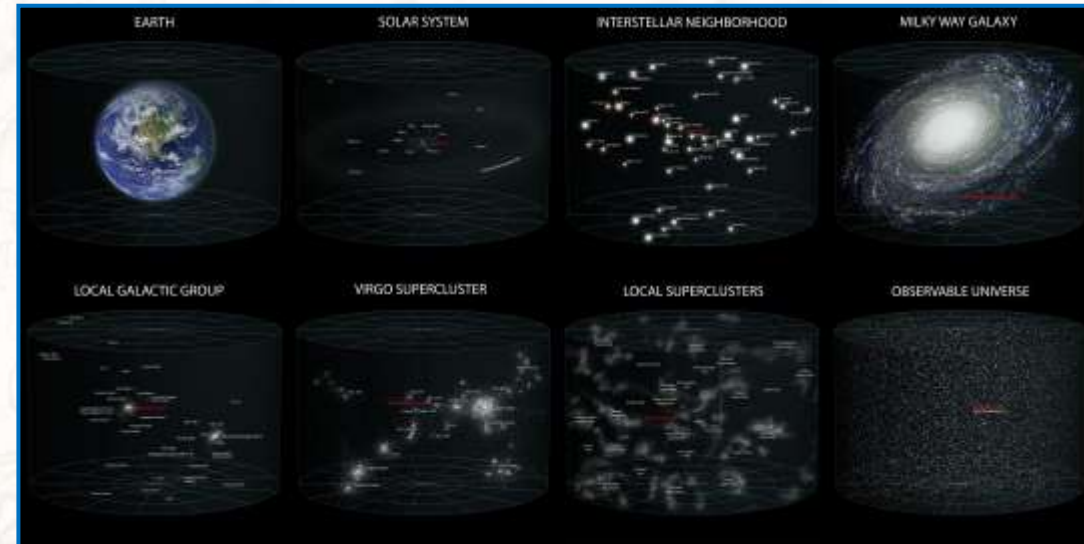




Wielkość wszechświata

Wielkość wszechświata

- Ziemia, na której żyjemy, jest tylko niewielką drobiną we wszechświecie.
- Aby określić wielkość całego wszechświata, trzeba wyznaczyć **odległość najdalszych galaktyk od Ziemi**, a to jest bardzo trudne.
- **Odległość bliskich gwiazd** określa się **na drodze trygonometrycznej** – większość obiektów wszechświata znajduje się jednak zbyt daleko od Ziemi, aby móc stosować te zasady.
- Stosowanie jednostek metrycznych do opisywania obiektów we wszechświecie jest więc trudne, dlatego opracowane zostały specjalne jednostki.
 - **Jednostka astronomiczna (j.a. lub AU – Astronomical Unit)** – jest miarą odległości w Układzie Słonecznym i równa się średniej odległości Ziemi od Słońca, tj. około 149,6 mln km.
 - Światło na przebycie **1 j.a.** potrzebuje około 8 minut i 20 sekund.
 - **Rok świetlny (ly)** – odległość, jaką pokonuje w ciągu roku (365,25 dni) promień światła poruszający się z prędkością 300 tys. km/s.
 - Odległość ta wynosi około 9 460 mld km (czyli 63,2 tys. AU).
 - **Parsek (pc)** – stosowana ostatnio coraz częściej większa jednostka (największa jednostka ze wszystkich).
 - Jest on odpowiednikiem 3,262 lat świetlnych (206,3 tys. AU).



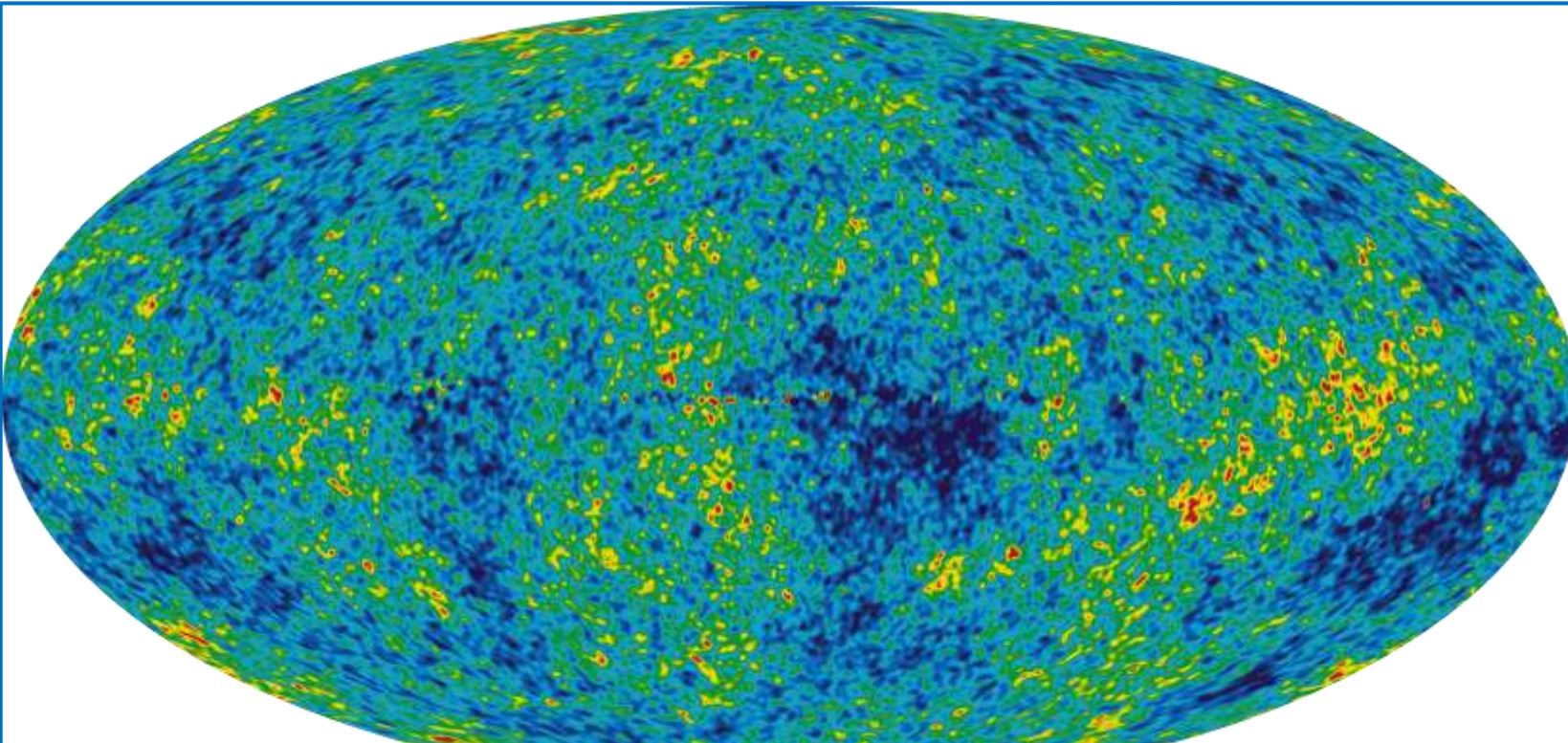
Wielkość Wszechświata – zgodnie z prawem Hubble'a

- W roku 1929 **Edwin Hubble** (1889-1953) ogłosił zależność, zwaną dziś **prawem Hubble'a**, w której wykazał, że **prędkość galaktyk jest proporcjonalna do ich odległości**, czyli **im galaktyki są bardziej oddalone, tym szybciej się poruszają**.
 - Zamiast mierzyć odległość, wystarczy **zmierzyć prędkość**, a tę można określić na podstawie **przesunięcia linii widmowych galaktyk ku czerwieni**.
- Spośród obserwowanych obiektów największe przesunięcie wykazują **kwazary**.
 - Ich nazwa pochodzi od ang. słów quasistellar object ("obiekt prawie gwiazdowy").
 - Są to bowiem odległe, **pozagalaktyczne obiekty astronomiczne**, stanowiące bardzo silne źródła promieniowania radiowego (są to bardzo jasne i aktywne jądra galaktyk).

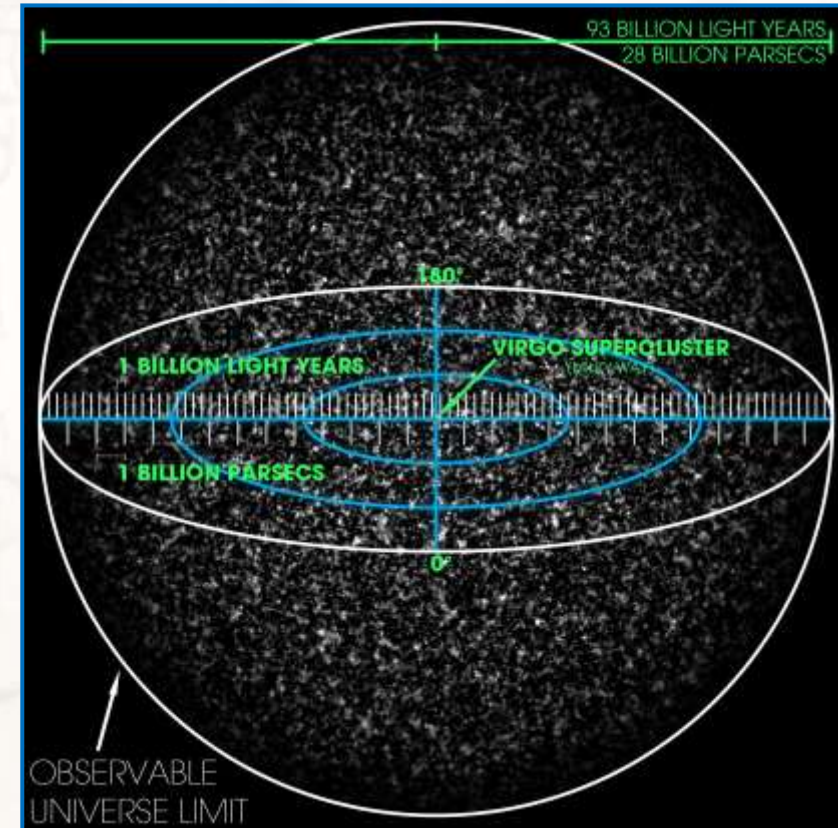


Faktyczna wielkość Wszechświata widzialnego

- **Średnica widzialnego Wszechświata**, według najnowszych pomiarów, wynosi około **93 miliardów lat świetlnych**.
- Zgodnie z tym czas, w jakim światło pokonało drogę do krawędzi widzialnego Wszechświata od Wielkiego Wybuchu, jest bardzo przybliżony do wieku Wszechświata i wynosi około 13,8 miliarda lat.
- Widzialny Wszechświat zawiera około:
 - 10 milionów supergromad galaktyk, w których jest z kolei 25 miliardów grup galaktyk zbudowanych z:
 - 350 miliardów dużych galaktyk i 3,5 biliona galaktyk karłowatych, w których znajdziemy około 300 tryliardów gwiazd.



Mapa mikrofalowego promieniowania tła, pokazująca obraz wczesnego Wszechświata

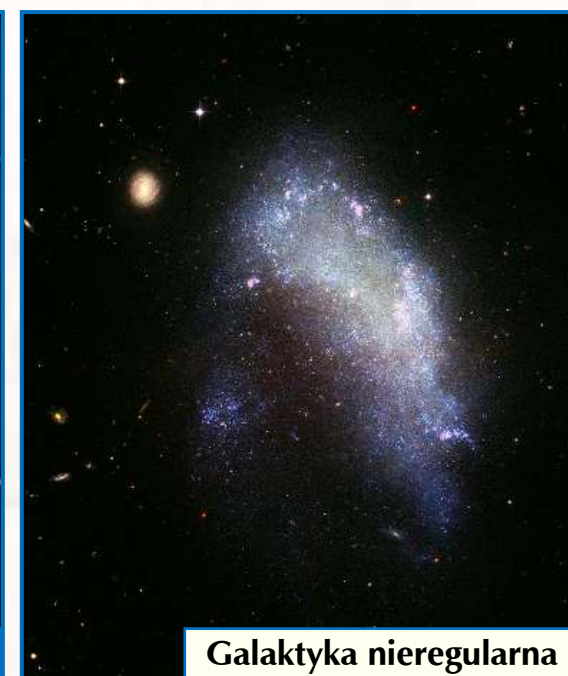
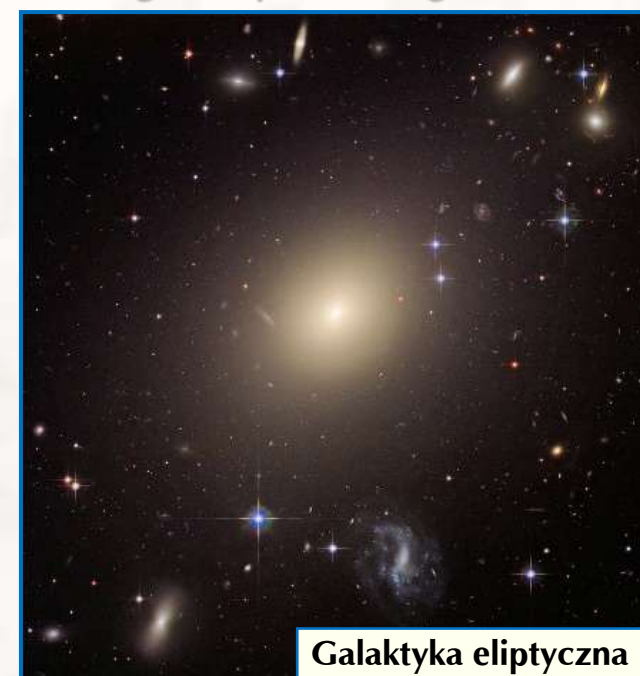




Galaktyki

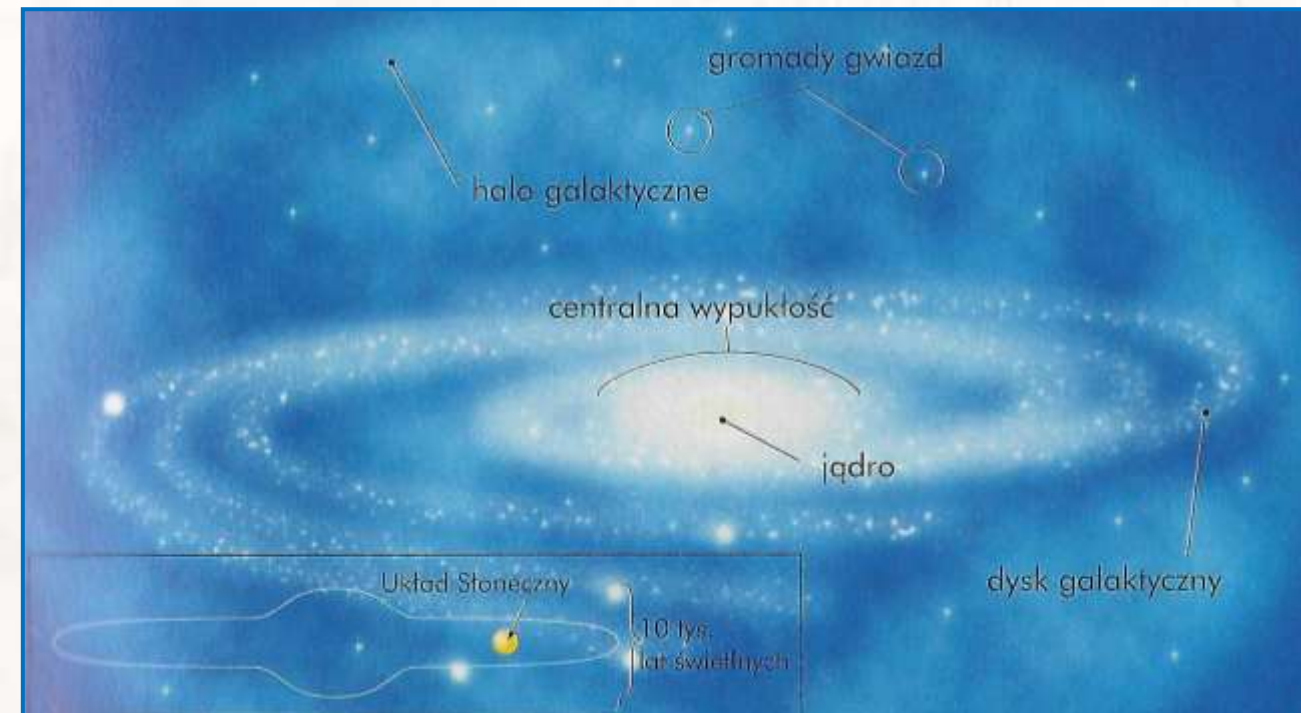
Galaktyki i ich struktura

- **Galaktyki** – ogromne zbiorowiska materii składające się z gwiazd, pyłów i gazów, stanowią podstawowy element struktury wszechświata.
- **Ze względu na ich wygląd** (określany z teleskopów optycznych), dzielimy je na:
 - **galaktyki eliptyczne** – cechujące się eliptycznym spłaszczonym kształtem o stosunkowo gładkiej strukturze (są pozbawione wyraźnej struktury wewnętrznej),
 - są one zbudowane głównie z dojrzałych gwiazd i występuje w nich niewielka ilość pyłów międzygwiazdnych;
 - **galaktyki spiralne** – to stosunkowo duże układy galaktyczne, wyróżniające się wyraźnie widoczną spiralną strukturą;
 - **galaktyki soczewkowate** – przyjmują charakterystyczny kształt soczewki, przy czym ze względu na swój wygląd są one postacią pośrednią pomiędzy galaktykami eliptycznymi i spiralnymi.
 - **galaktyki nieregularne** – najmniejsze galaktyki pozbawione symetrycznego kształtu.



Struktura galaktyk spiralnych

- W **strukturze galaktyki spiralnej** wyróżniamy 4 elementy:
 - **jądro galaktyczne** – jest niewielkim, wysokoenergetycznym źródłem promieniowania;
 - **centralną wypukłość** – tworzy kuliste zgrupowanie gwiazd otaczające jądro;
 - **dysk galaktyczny** – zawierający młode gwiazdy oraz gazy i pyły;
 - **halo galaktyczne** – składające się z gromad gwiazd, będące rzadko wypełnioną przestrzenią otaczającą galaktykę.



Ciemna materia

- **Ciemna materia** – to niewidoczna część galaktyk.
- Swoją masą zdecydowanie przewyższa masę widocznej materii.
- Jej natura jest nadal nieznana.
 - Składa się na nią międzygwiazdowy i międzygalaktyczny gaz i pył w stanie znacznego rozrzedzenia albo skoncentrowany w obiektach o masach dużych planet.
- Niektórzy badacze sądzą, że ciemna materia skupia się w potężnych obłokach na peryferiach galaktyk, tworząc ich **halo**.
- Niewykluczone, że najwięcej ciemnej materii znajduje się w **czarnych dziurach** oraz że składa się ona głównie z **neutrino** (cząstek elementarnych).



Gromada galaktyk Abell 520 **kolor niebieski** – ciemna materia, **kolor różowy** – gorący gaz.

Czarna dziura

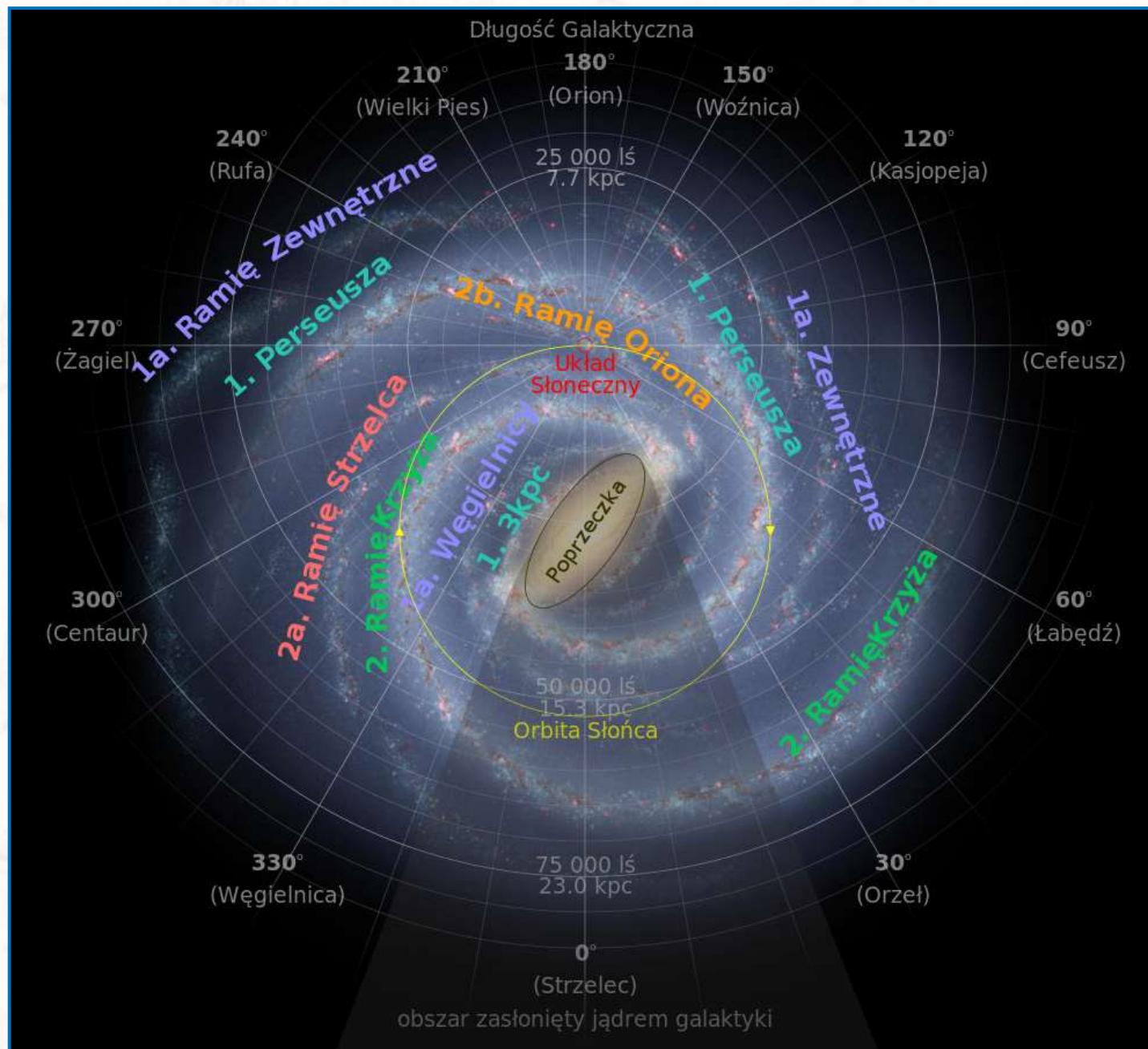
- **Czarna dziura** – niewidoczny obiekt we **Wszechświecie**, wewnątrz którego znajduje się osobliwość, czyli punkt o nieskończenie wielkiej gęstości materii, wytwarzający w najbliższym otoczeniu niewyobrażalnie silne pole grawitacyjne.
- Do czarnej dziury przyciągana jest materia z otoczenia, **z niej jednak nic nie może się wydostać** – nawet światło.
- Przypuszcza się, że czarna dziura może powstać w wyniku kolapsu grawitacyjnego masywnej gwiazdy, trwającego ułamek sekundy.
- Istnienie czarnej dziury można udowodnić wyłącznie poprzez badanie ruchów gwiazd znajdujących się pod wpływem jej pola grawitacyjnego.



Czarna dziura

Galaktyka Drogi Mlecznej

- **Galaktyka Drogi Mlecznej** – zbiorowisko gwiazd, w którego skład wchodzi Słońce.
- W przestrzeni kosmicznej tworzy ona ogromny, **spiralnie zakreślony dysk**.
- Im dalej od środka, tym zagęszczenie gwiazd jest mniejsze (utrudnia to wyznaczenie granic).
- Widoczna w pogodną noc Droga Mleczna to obraz galaktyki powstający przez pozorne zagęszczenie gwiazd, gdy patrzymy w kierunku jej centrum.
- Galaktyka wraz z Układem Słonecznym wiruje wokół swojego środka.
 - **Słońce**, przemieszczając się z **prędkością około 220 km/s**, potrzebuje aż **240 milionów lat** na dokonanie **jednego pełnego obiegu**, natomiast centrum Galaktyki obraca się szybciej.
 - W efekcie partie peryferyjne “nie nadążają”, tworząc ramiona spirali.



Galaktyka Drogi Mlecznej

- W pogodną, bezksiężycową noc można zobaczyć gołym okiem do 6000 gwiazd należących do **Galaktyki Drogi Mlecznej**.
- Jest to jednak tylko mały ułamek tego, co możemy zobaczyć za pomocą teleskopów.
- Obecnie ocenia się, że Droga Mleczna liczy **około dwieście mld gwiazd** (wg innych źródeł nawet 400 mld gwiazd).



Gwiazda – kuliste ciało niebieskie, które jest zbudowane z gazów, głównie z wodoru i helu, i które na skutek reakcji jądrowych zachodzących we wnętrzu świeci własnym światłem.

Galaktyka Drogi Mlecznej

- ➔ **Dysk Galaktyki Drogi Mlecznej** ma średnicę około 120 tys. lat świetlnych i grubość około 2-3 tys. lat świetlnych.
- ➔ **Układ Słoneczny ze Słońcem** znajduje się w jednym z ramion (ramieniu Oriona), w strefie peryferyjnej Galaktyki, w odległości około 27 tys. lat świetlnych od centrum Galaktyki.



Inne galaktyki

- **Galaktyka Wielka Mgławica Andromedy** – znajduje się ponad dwa miliony lat świetlnych od naszej Galaktyki.
 - Andromedę widać na północnej stronie nieba, jako delikatną mgiełkę w gwiazdozbiornie o tej samej nazwie.
- Na południowej stronie nieba można zauważyć dwie inne galaktyki:
 - **Wielki Obłok Magellana** (galaktyka nieregularna o cechach galaktyki spiralnej) i **Mały Obłok Magellana** (galaktyka nieregularna) – dużo mniejsze od Mgławicy Andromedy, ale widoczne, gdyż są bliżej nas.
- Inne galaktyki można obserwować tylko przez teleskop.



Wielka Mgławica Andromedy – galaktyka spiralna podobna do Układu Drogi Mlecznej



Wielki Obłok Magellana – galaktyka nieregularna



Gwiazdy

Ewolucja gwiazd – stadia życia

- **Etapy ewolucji gwiazd**, zależne od ich masy początkowej i pierwotnego składu chemicznego, są następujące:
 - z **mgławicy** powstaje **protogwiazda** (wskutek kolapsu grawitacyjnego obłoku materii międzygwiazdowej);
 - **kontrakcja grawitacyjna (kurczenie) protogwiazdy** prowadząca do wzrostu temperatury i ciśnienia w jej wnętrzu;
 - **zainicjowanie reakcji termojądrowych** we wnętrzu protogwiazdy (po osiągnięciu odpowiednio wysokiej temperatury) – **przemiany atomów wodoru w atomy helu**;
- **dojrzałość i starość** – wyczerpywanie się wodoru przebiega różnie:
 - w tym momencie protogwiazda staje się **normalną gwiazdą**, a więc wchodzi do **ciągu głównego ewolucji**;
 - **opuszczenie przez normalną gwiazdę ciągu głównego** po wyczerpaniu się paliwa jądrowego (wodoru), a następnie przekształcenie się jej, w zależności od swojej masy:
 - w przypadku gwiazd o **średniej masie** (o masie zbliżonej do Słońca) – w **czerwonego olbrzyma**;
 - w kolejnym etapie, powoli stygnąc, przekształca się on w **mgławicę planetarną**,
 - z czasem powstaje powoli stygnący **biały karzeł** (gwiazda o rozmiarach zbliżonych do Ziemi);
 - w przypadku gwiazd o **dużej masie** – w **czerwonego nadolbrzyma** lub **superolbrzyma**;
 - wskutek wyczerpywania się źródła energii, którym jest wodór, dochodzi do wybuchu i tworzy się **supernowa**, z której wewnętrznych sfer powstać może z czasem **gwiazda neutronowa (pulsar)** lub też **czarna dziura**.

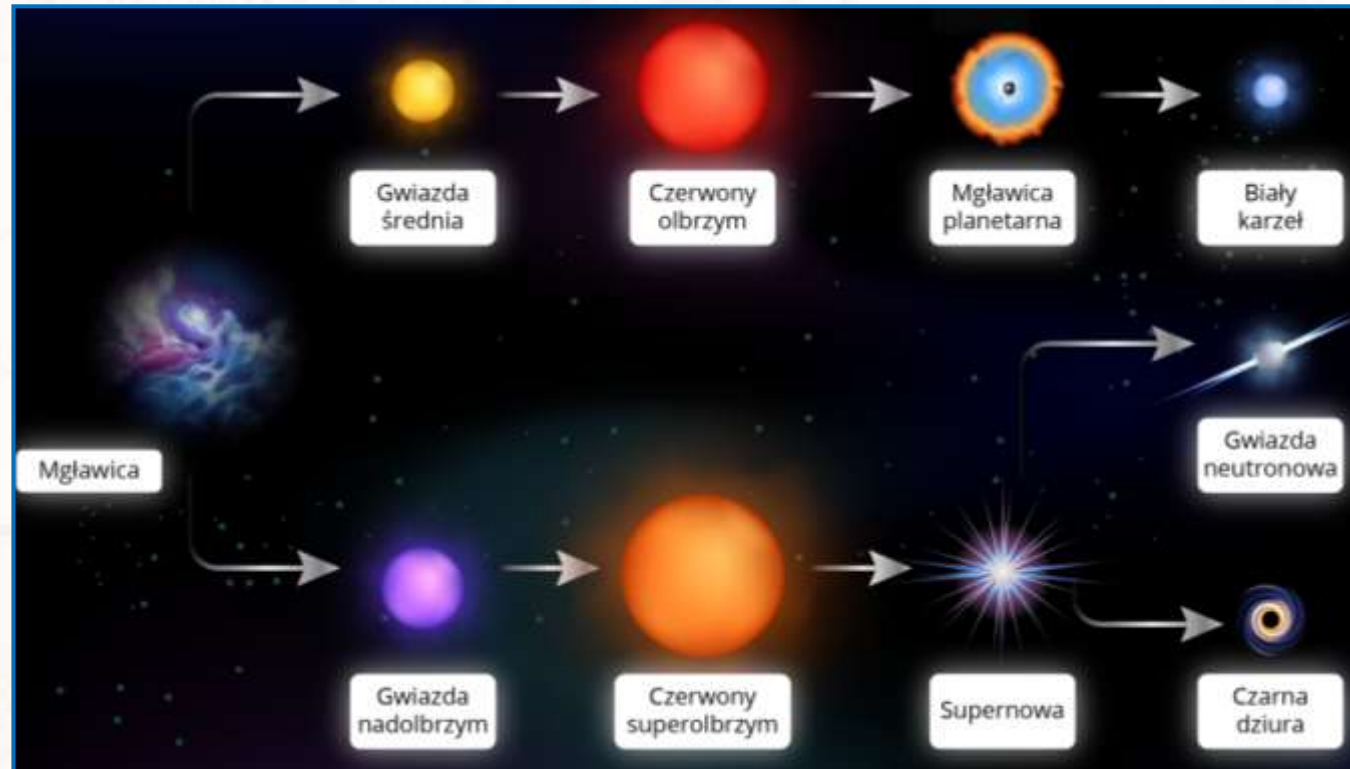
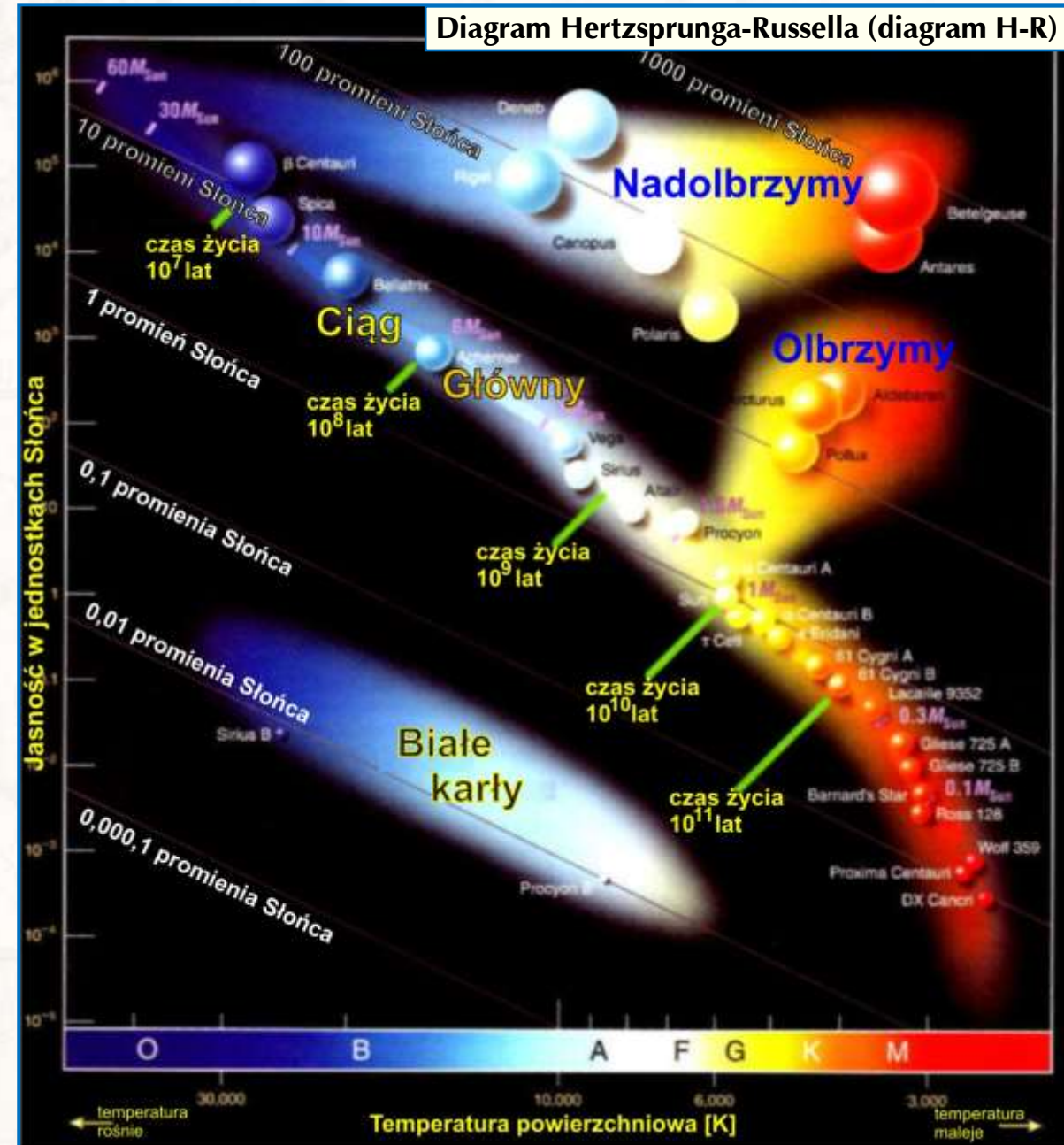


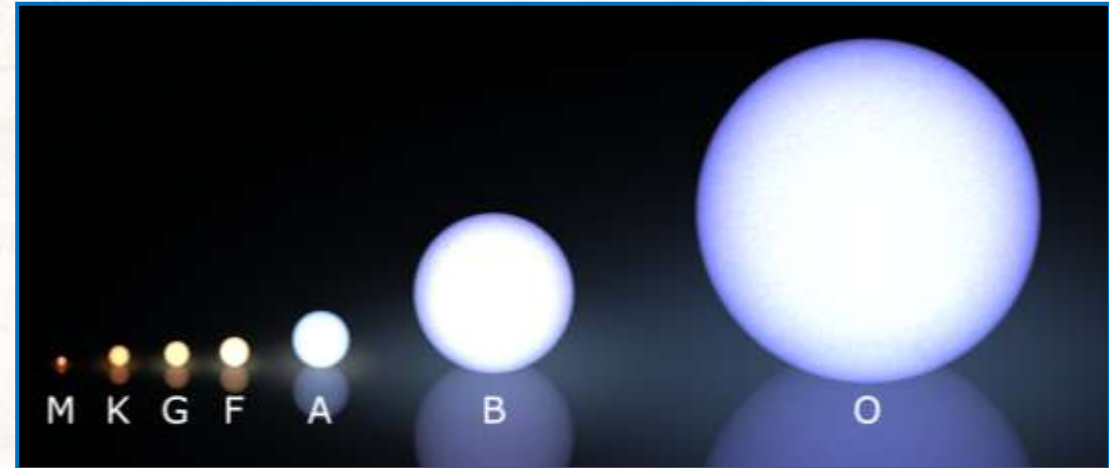
Diagram Hertzsprunga-Russella

- **Diagram Hertzsprunga-Russella** (stworzony w 1911 r. przez E. Hertzsprunga; w 1913 r. udoskoniony przez H.N. Russella) pozwala zrozumieć **w jakim stadium życia jest dana gwiazda**.
- Pokazuje on, że moc promieniowania gwiazd jest tym większa, im wyższa jest ich powierzchniowa temperatura.
- **Większość gwiazd** leży w pasie zwanym **ciągiem głównym**.
 - Ciągnie się on od lewej górnej części diagramu (gdzie znajdują się gorące, jasne **niebieskie olbrzymy**), do prawej dolnej (gdzie znajdują się zimne, słabo świecące **czerwone karły** – do tego typu zalicza się większość najbliższych gwiazd).
- **Poza ciągiem głównym** znajdują się jasne, zimne **czerwone olbrzymy** i **czerwone nadolbrzymy**, jasne, gorące **niebieskie nadolbrzymy** i słabo promieniujące, gorące **białe karły** oraz **supernowe** i **gwiazdy neutronowe**.



Temperatura powierzchniowa i jasność gwiazd (typ widmowy)

- **Temperaturę powierzchniową i jasność gwiazd (typ widmowy)**, w skali od gorących do chłodnych, oznacza się literami: **O, B, A, F, G, K i M**.
- **Słońce** jest gwiazdą typu **G**, czyli mającą średnią temperaturę i jasność.
- Przypuszcza się, że w otoczeniu tego typu gwiazd są najbardziej sprzyjające warunki do formowania się planet podobnych do Ziemi i rozwoju życia na tych planetach.

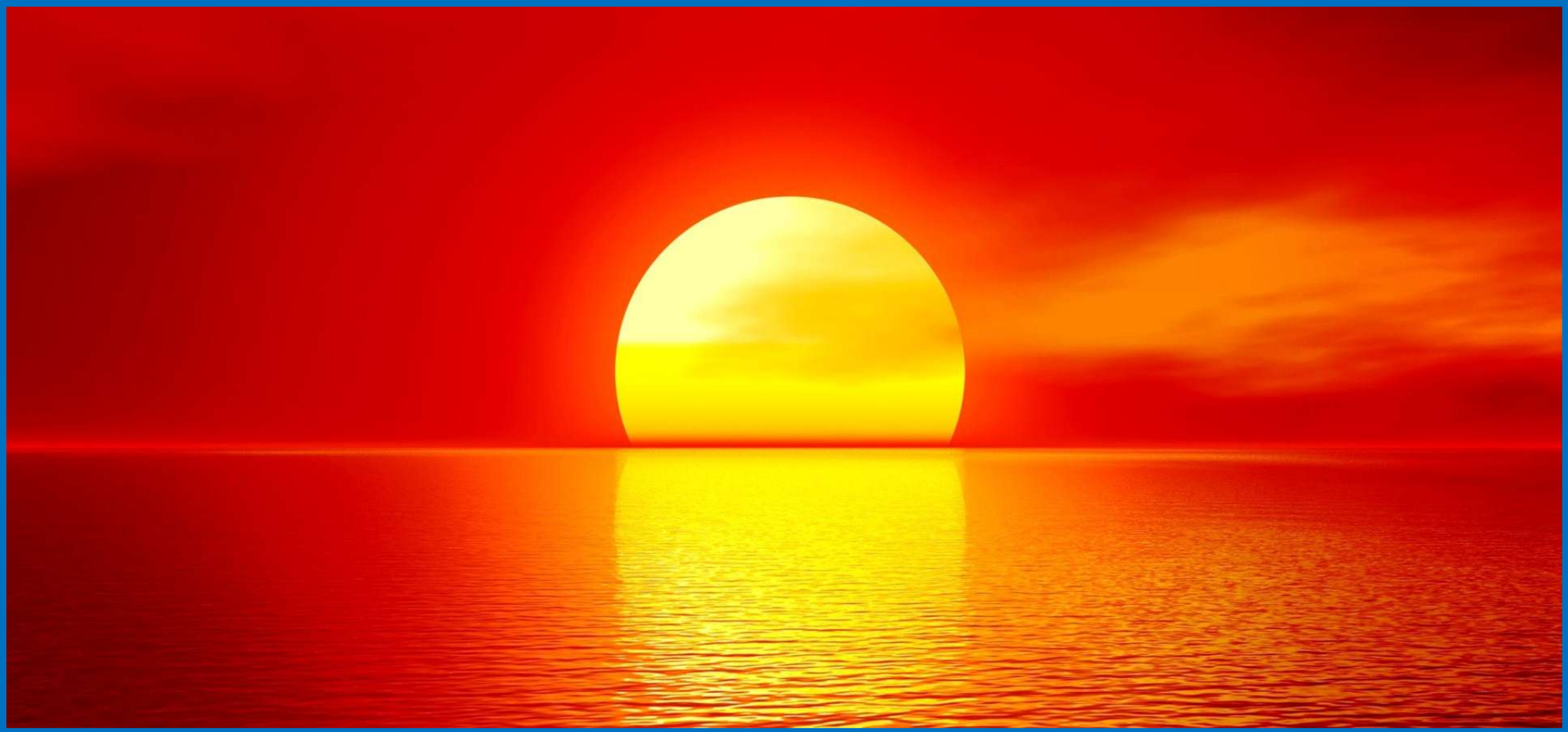


Typ	Temperatura efektywna	Standardowy opis koloru	Rzeczywista barwa (obserwowana)	Masa względem Słońca	Ułamek liczby gwiazd ciągu głównego
O	$\geq 30\,000\text{ K}$	błękitny	błękitna	$\geq 16\, M_{\text{Słońca}}$	$\sim 0,00003\%$
B	$10\,000\text{--}30\,000\text{ K}$	niebiesko-biały	jasnobłękitna	$2,1\text{--}16\, M_{\text{Słońca}}$	$0,13\%$
A	$7500\text{--}10\,000\text{ K}$	biały	niebiesko-biała	$1,4\text{--}2,1\, M_{\text{Słońca}}$	$0,6\%$
F	$6000\text{--}7500\text{ K}$	żółto-biały	biała	$1,04\text{--}1,4\, M_{\text{Słońca}}$	3%
G	$5200\text{--}6000\text{ K}$	żółty	biało-żółta	$0,8\text{--}1,04\, M_{\text{Słońca}}$	$7,6\%$
K	$3700\text{--}5200\text{ K}$	pomarańczowy	blada żółtopomarańczowa	$0,45\text{--}0,8\, M_{\text{Słońca}}$	$12,1\%$
M	$2400\text{--}3700\text{ K}$	czerwony	jasna pomarańczowo-czerwona	$0,08\text{--}0,45\, M_{\text{Słońca}}$	$76,45\%$

Klasyfikacja wielkości gwiazd ze względu na długość ich promieni

- W klasyfikacji **wielkości gwiazd ze względu na długość ich promieni**, **Słońce** zalicza się do **karłów (żółtych karłów)**, czyli gwiazd znacznie mniejszych od nadolbrzymów i olbrzymów, zarazem jednak o wiele większych od czerwonych karłów, białych karłów i gwiazd neutronowych.
- **Przy swojej masie** (oszacowanej na $1,991 \times 10^{30}$ kg) **Słońce** może utrzymać się w ciągu głównym przez **około 10 mld lat**.
- Wiadomo, że **w tej fazie ewolucji znajduje się ono już od około 5 mld lat**.
- Oznacza to, że **pozostanie dla nas wydajnym źródłem energii przez następne 5 mld lat**, po czym zacznie się przekształcać w czerwonego olbrzyma – jest więc mniej więcej w połowie swojego życia.

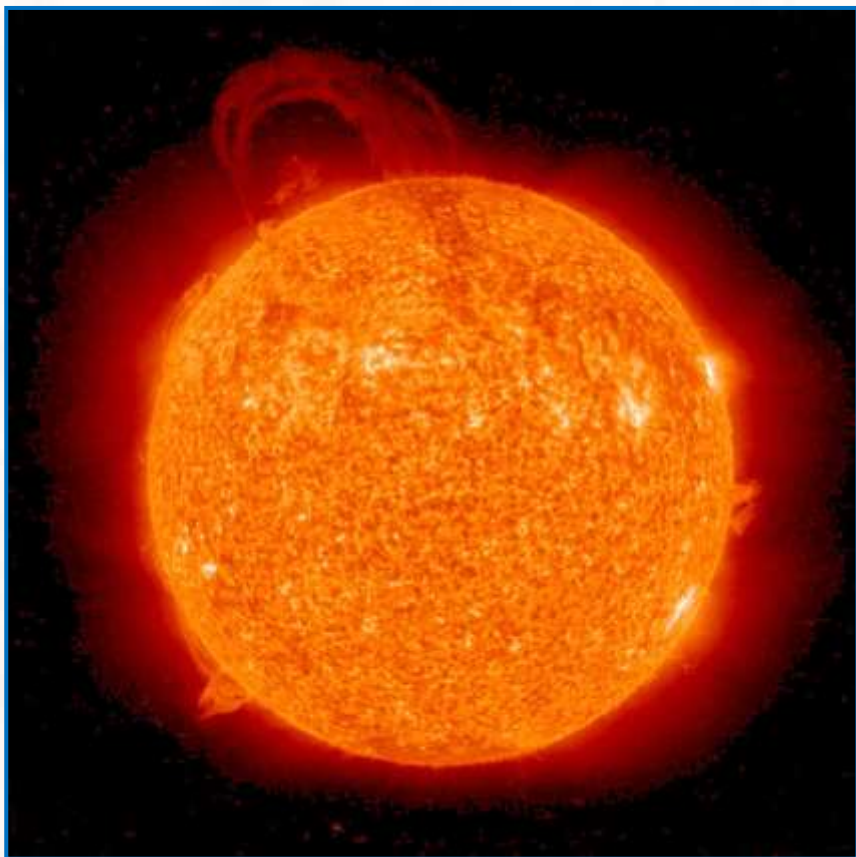
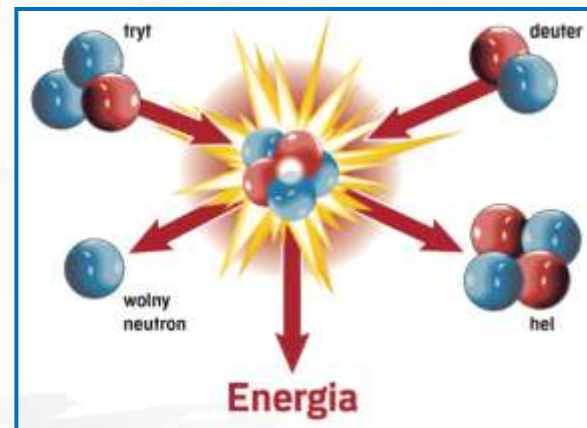




Słońce

Słońce – reakcje termojądrowe

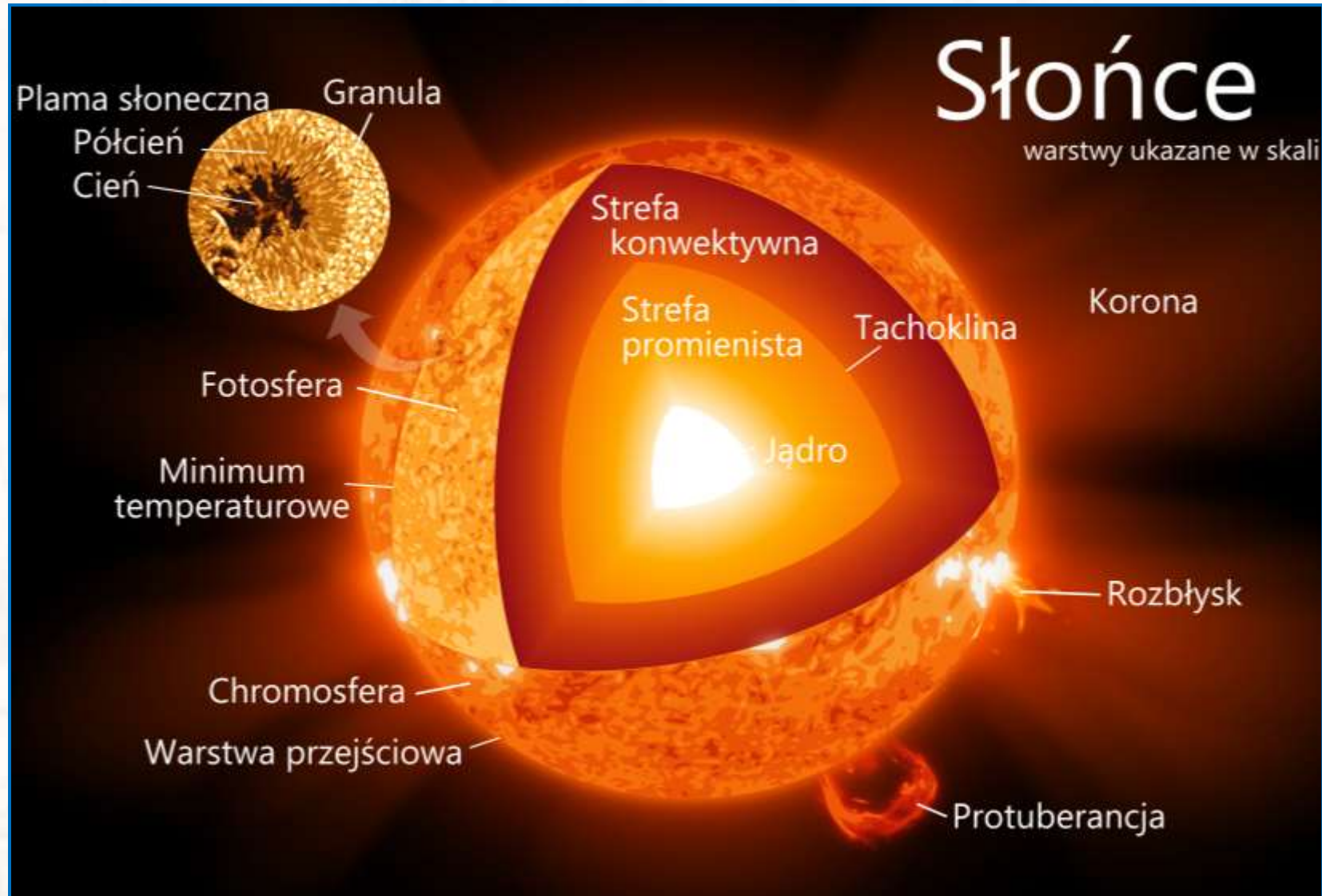
- **Źródłem promieniowania Słońca** (podobnie jak wszystkich gwiazd ciągu głównego) są zachodzące w jego jądrze **reakcje termojądrowe** polegające na **łączeniu jąder wodoru i tworzeniu helu** (zachodzi **synteza termojądrowa**).
- Wytwarzana dzięki temu energia dostarcza wielkich ilości ciepła (**temperaturę jądra ocenia się na 15,5 mln °C**) niezbędnego do kontynuowania reakcji termojądrowych i utrzymuje ciśnienie dochodzące do **250 mld atmosfer**, zdolne zrównoważyć ogromne siły grawitacji.



Fontanna słonecznego gazu, wzbijająca się na wysokość 100 tys. km

Budowa Słońca

- W otaczającej **jądro** warstwie zwanej **strefą radiacji** (strefie promienistej) fotony są na przemian absorbowane i emitowane, z czasem przedostając się do leżącej ponad nią **strefy konwektywnej**.
- Z tej strefy energia przenika kolejno do **fotosfery**, **chromosfery** i **korony słonecznej**, a następnie w **przestrzeń międzyplanetarną**.
- Szacuje się, że do wydostania się energii powstałej w jądrze na powierzchnię Słońca potrzeba nawet kilka mln lat.
- Z chromosfery wyrzucane są nawet na odległość miliona kilometrów fontanny materii – **protuberancje**, a z korony uwalniają się **protony**, **elektrony** i **jony atomów** (promieniowanie korpuskularne), przenikające jako **wiatr słoneczny** w przestrzeń międzyplanetarną.

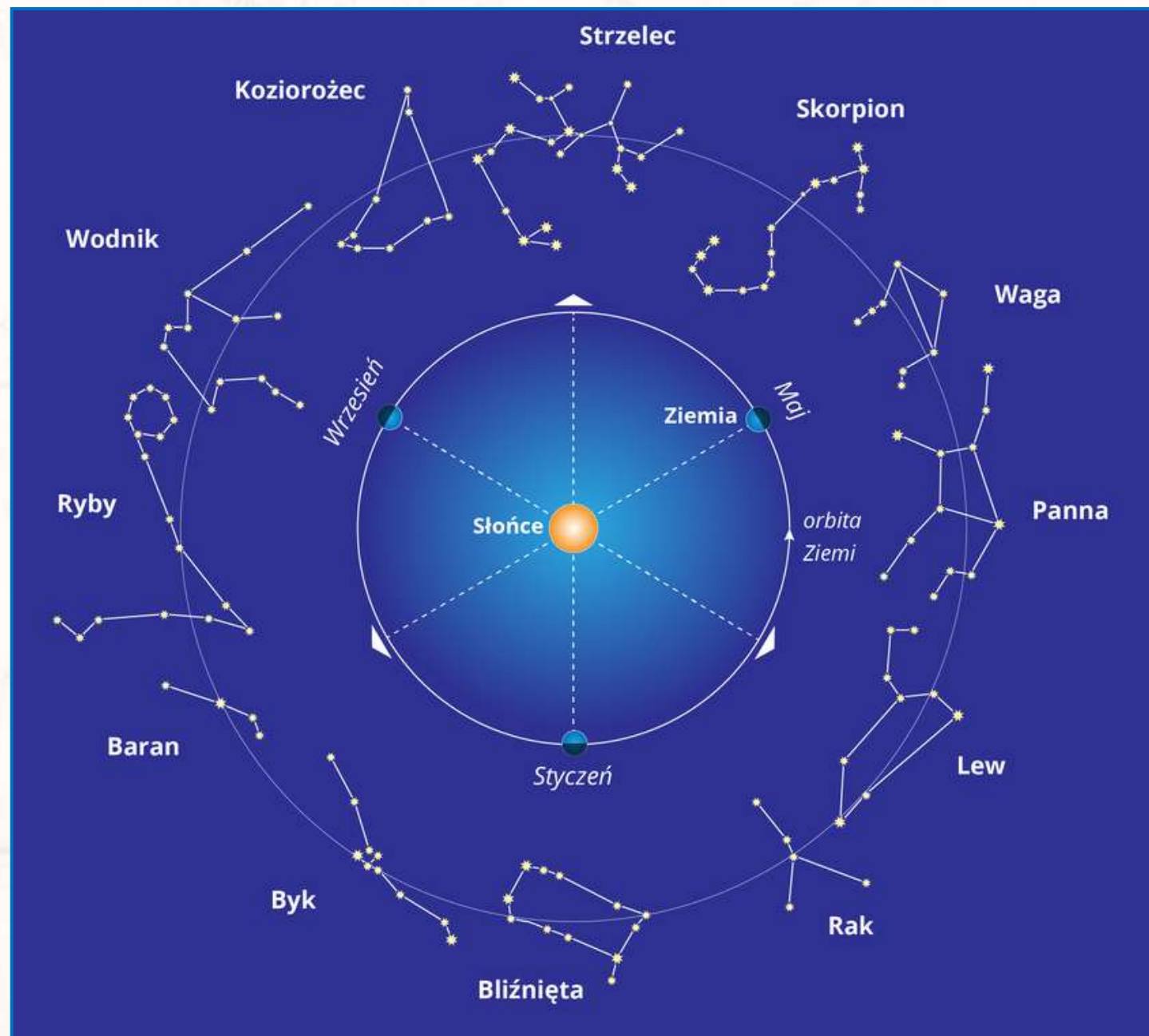
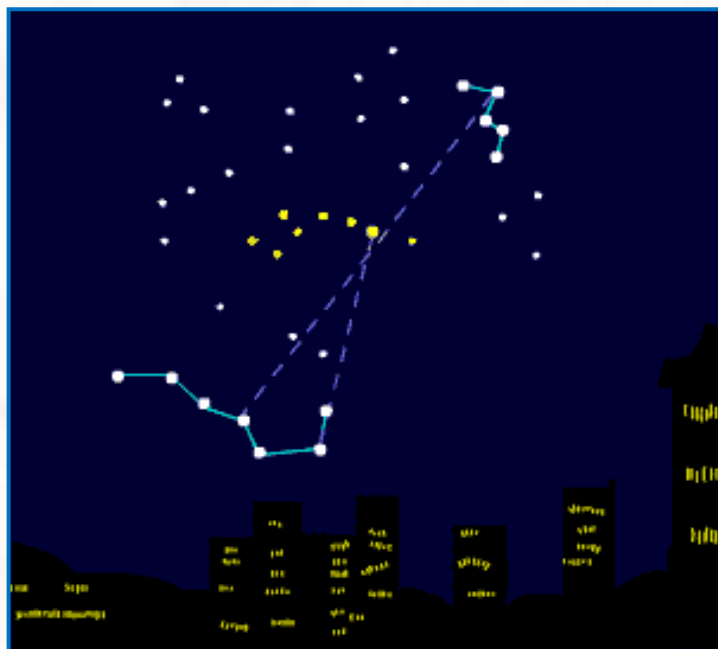




Gwiazdozbiory nieba północnego

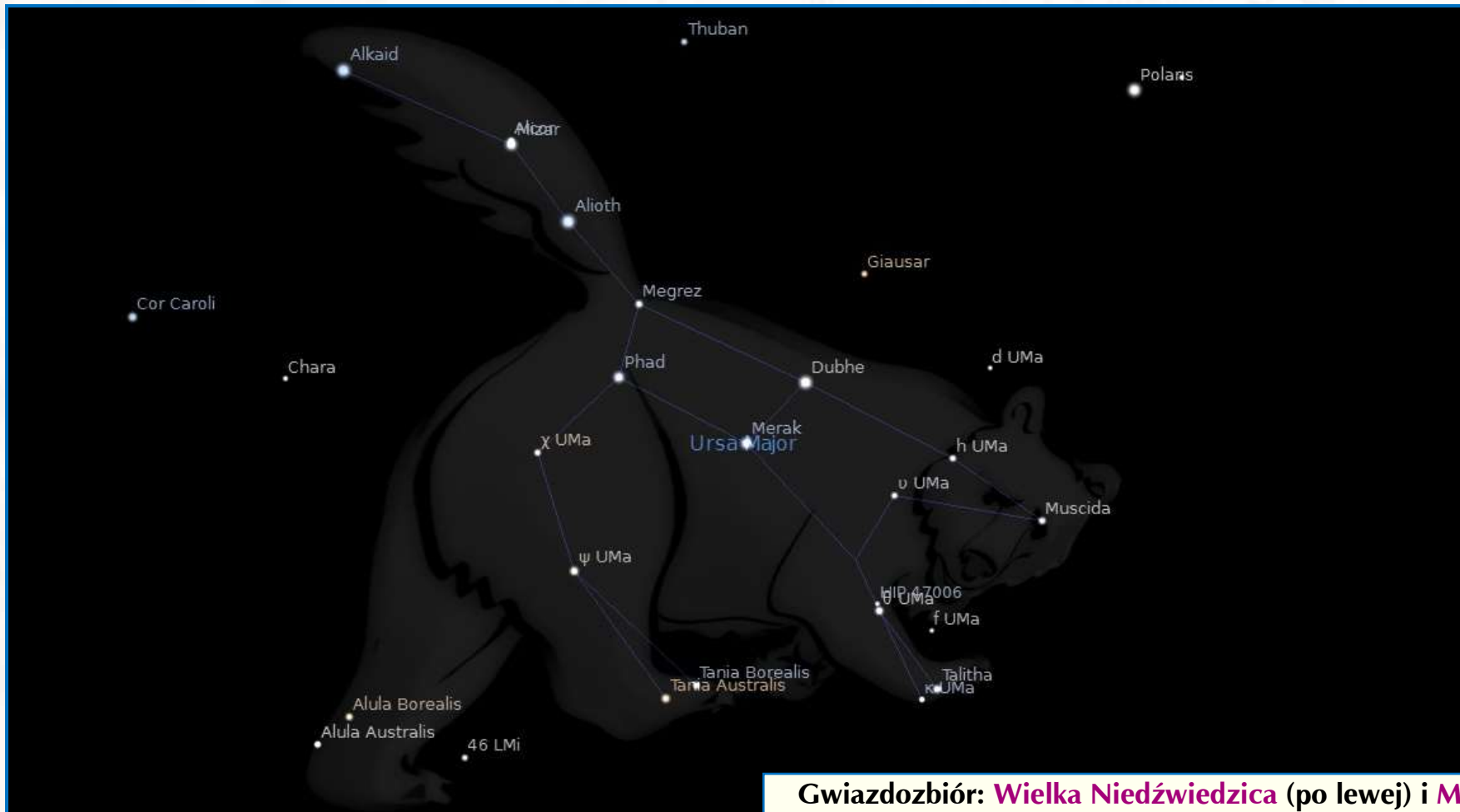
Gwiazdozbiory nieba północnego

- Obecny podział sfery niebieskiej na 88 gwiazdozbiorów oraz ich granice zostały ustalone w 1930 roku przez Międzynarodową Unię Astronomiczną.
- **Gwiazdozbiorami** nazywamy gwiazdy, które są ułożone w stałe konfiguracje (przesuwają się zgodnie z porami roku),
 - np. gwiazdozbiory Barana, Lwa, Raka czy takie jak Mały Wóz i Wielki Wóz.
 - Ich pozycja zmienia się także w ciągu nocy.



Gwiazdozbiory nieba północnego

- Astronomowie wprowadzili system oznaczeń gwiazd związany z łacińskimi nazwami gwiazdozbiorów.
 - W gwiazdozbiorze **Ursa Minor** (Mała Niedźwiedzica) najjaśniejsza jest **Gwiazda Polarna**, świecąca blisko północnego bieguna niebieskiego – nosi ona nazwę α (litera β symbolizuje gwiazdę drugą co do jasności, zaś γ – trzecią).
- Gwiazdy należące do danego gwiazdozbioru leżą często w dużych odległościach od siebie i w rzeczywistości nie są ze sobą powiązane, jednak taki podział od setek lat ułatwia ludziom poszukiwanie na niebie różnych ciał niebieskich.



Gwiazdozbiór: **Wielka Niedźwiedzica** (po lewej) i **Mały Wóz**, czyli **Mała Niedźwiedzica** (po prawej)

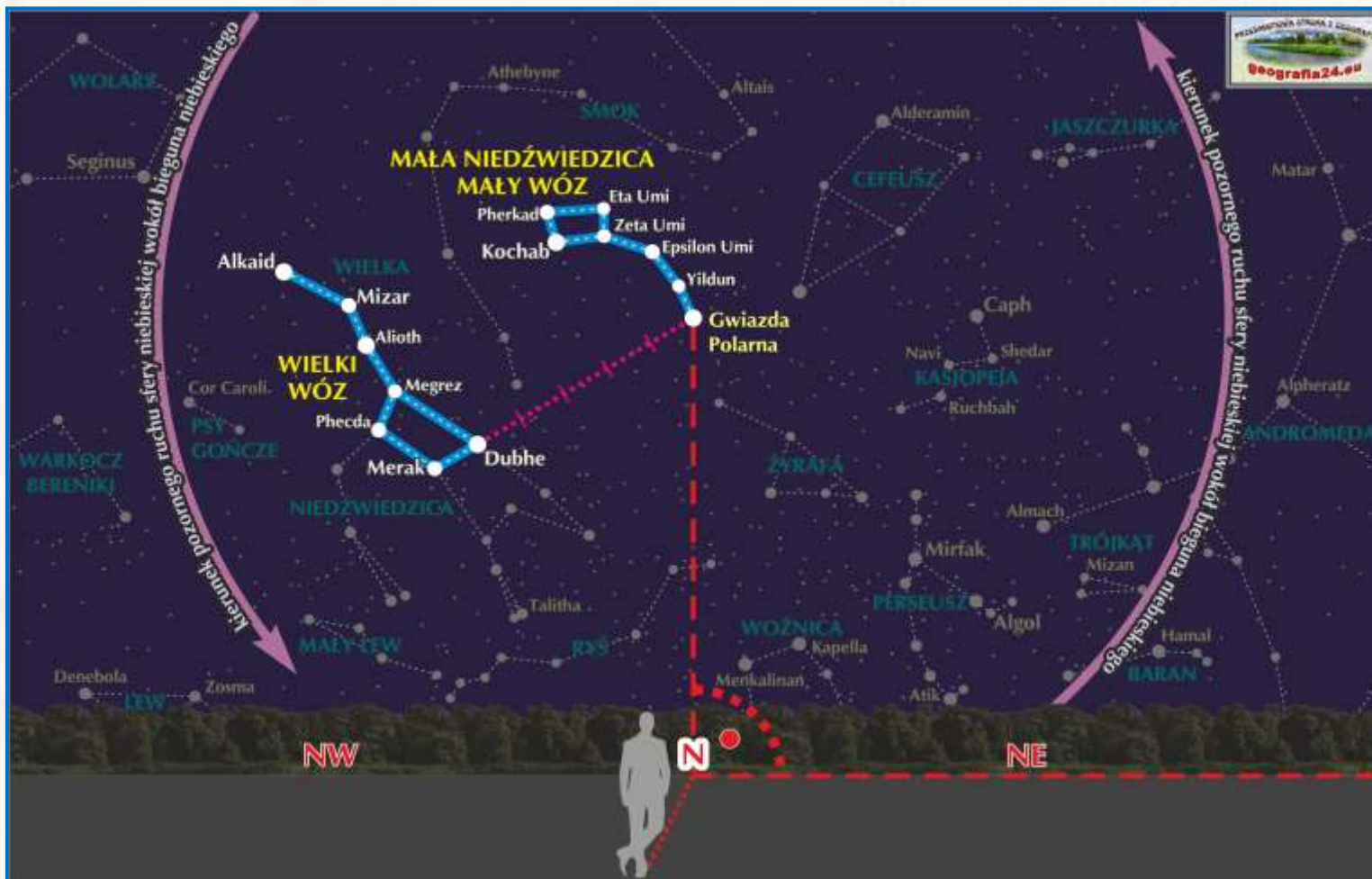
Gwiazdozbiory nieba północnego

- Większość **gwiazdozbiorów** obserwowanych na nocnym północnym niebie jest związana z **danymi porami roku**.
- Oglądając nocne niebo w nocy zauważyć możemy, że pewne gwiazdy pojawiają się za wschodnim horyzontem, przechodzą przez całe niebo podczas nocy, aby ostatecznie zniknąć pod zachodnim horyzontem.



W jaki sposób możemy zlokalizować na niebie Gwiazdę Polarną?

- W celu zlokalizowania **Gwiazdy Polarnej** w pierwszym kroku powinniśmy zlokalizować **Wielki Wóz**, który jest najbardziej charakterystycznym fragmentem **Wielkiej Niedźwiedzicy**, złożonym z siedmiu jasnych gwiazd.
 - Mały Wóz jest słabiej widoczny na naszym niebie, zaś Gwiazdę Polarną łatwo jest pomylić z Wenus.
 - W obrębie Wielkiego Wozu wyszukujemy na jego skrajnym końcu dwóch gwiazd: Merak i Dubhe.
 - Dalej wyznaczamy pomiędzy nimi linię, którą pięciokrotnie przedłużamy w górę wozu, odnajdując Gwiazdę Polarną.



KONIEC



Materiały pomocnicze do nauki
Opracowane w celach edukacyjnych (niekomercyjnych)

Opracowanie i redakcja: *Sławomir Dmowski*
Kontakt: *kontakt@geografia24.eu*

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE
- KOPIOWANIE ZABRONIONE -