

ASTRONOMIA I KOSMOLOGIA

- Wstęp
- Układ Słoneczny Sfera niebieska – Planety
- Jak badamy Kosmos – Odległość – Masa – Temperatura – Skład chemiczny
- Gwiazdy i galaktyki – Etapy życia gwiazd
- Ewolucja Wszechświata – Teoria Wielkiego Wybuchu – Ekspansja Wszechświata

WSTĘP

<https://pl.wikipedia.org/wiki/Astronomia>

<https://pl.wikipedia.org/wiki/Kosmologia>

<https://pl.wikipedia.org/wiki/Kosmogonia>

<https://pl.wikipedia.org/wiki/Wszech%20%9Bwiat>

Jeszcze sto lat temu uważano, że nasz cały Wszechświat, to tyle co możemy dostrzec, czyli nic więcej niż nasz Układ Słoneczny. Licząc z grubsza 100 miliardów gwiazd, niezliczone ilości planet wokół nich krążących i jakieś 100 tysięcy lat świetlnych, aby przebyć drogę od jednego końca do drugiego.

Okazało się, że tak wcale nie jest. Wszechświat jest znacznie, znacznie większy! Jeżeli nasz Układ Słoneczny przeskalujemy do jednego centymetra, to cały wszechświat, który potrafimy zaobserwować w tej skali, jest kulą o średnicy 3 kilometrów. I w tym właśnie obszarze, jest około 100 miliardów galaktyk, takich jak nasza Droga Mleczna.

Jak wyobrazić sobie tak ogromne przestrzenie? Spróbujmy porównać je do znanych nam obiektów. Niech Słońce ma wielkość czereśni (skala 1:100 000 000 000), Ziemia staje się wtedy małym ziarenkiem piasku o średnicy 0,1 mm, a cały Układ Słoneczny będzie się ledwo mieścił na boisku piłkarskim. Najbliższa zaś nam gwiazda alfa Centauri (Proxima Centauri) będzie w odległości 400 km od centrum.

Człowiek do tej pory zdołał przelecieć od centrum zaledwie na odległość 3 mm i daleko mu jeszcze do prawdziwych podróży kosmicznych. Dzisiejsze rakiety na paliwo chemiczne pozwalają osiągnąć zaledwie prędkość 2000 razy mniejszą od prędkości światła. Gdyby człowiek wybierał się kiedyś w okolice Alfy Centauri statkiem kosmicznym, który podróżuje z prędkością 0,1

prędkości światła (choć na razie tego nie potrafi) to i tak podróż tam i z powrotem trwałaby 100 lat!

Jeśli zmniejszymy nasz model Układu Słonecznego jeszcze milion razy (1 000 000), to na powierzchni mapy szkolnej zmieści się około tysiąca najbliższych nam gwiazd (to mniej więcej odległość 40 lat świetlnych). Gigantyczne zbiorowisko gwiazd zwane Drogą Mleczną ma średnicę aż 100 000 lat świetlnych i to jest nasza Galaktyka. A ile takich galaktyk jest we wszechświecie? Tego nie wiemy, ale w obserwowanej przez nas części można oszacować że jest ich ok. 350 miliardów (a każda zawiera 100 do 300 miliardów gwiazd).

A jeszcze bardziej intrygujące jest to, że cały czas Wszechświat się rozszerza - wszystkie obserwowane galaktyki nieustannie się od siebie oddalają, im dalej od nas, tym szybciej. Z zawrotną szybkością; te najbliższe kilka kilometrów na sekundę, te najdalsze z prędkościami porównywalnymi do prędkości światła.

Dlatego między innymi nie możemy „zobaczyć” całości. I być może najbardziej intrygujące są ostatnie wyniki, badań, które pozwalają opisać cały nasz Wszechświat, jako ciągle rozszerzający się „balon”, którego „widziana” przez nas ludzi przestrzeń, to tylko fragment jego powłoki. Na obecną chwilę wydaje nam się, że to już może być cały Wszechświat. Ale czy rzeczywiście tak jest?

SKALOWANIE ŚWIATA

<http://cosmos.webbii.net/>

NASA

<http://astronomy.beamappzone.com/>

<http://apod.nasa.gov/apod/>

UKŁAD SŁONECZNY

https://pl.wikipedia.org/wiki/Uk%C5%82ad_S%C5%82oneczny

https://pl.wikipedia.org/wiki/Sfera_niebieska

https://pl.wikipedia.org/wiki/Faza_Ksi%C4%99%C5%BCyca

https://pl.wikipedia.org/wiki/Za%C4%87mienienie_S%C5%82o%C5%84ca

https://pl.wikipedia.org/wiki/Za%C4%87mienienie_Ksi%C4%99%C5%BCyca

Sfera niebieska

Gwiazdy są bardzo daleko. Nie potrafimy odróżnić odległości różnych gwiazd od Ziemi. Niektóre z nich świecą jaśniej. Nocne niebo wygląda jak pomalowana świecącymi punktami powierzchnia kuli. Dlatego też mówi się o sferze niebieskiej, na której leżą gwiazdy.

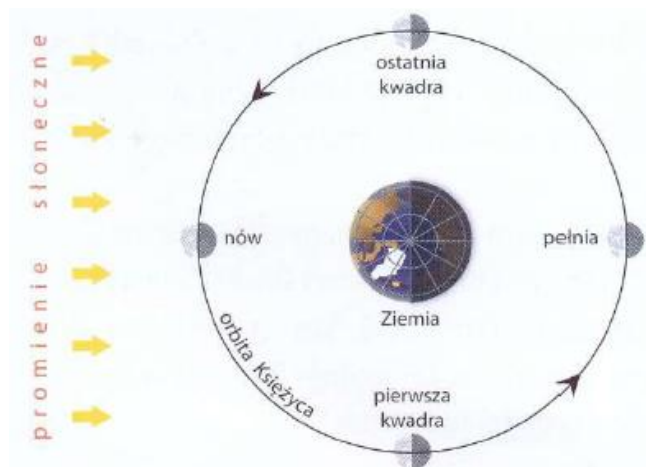
Już dawno zauważono, że sfera wykonuje jeden obrót w ciągu doby i obraca się wokół jednej z gwiazd, którą nazwano Gwiazdą Polarną (Północną). Gwiazdy rozrzucone są na niebie zupełnie przypadkowo, lecz ludzie chcieli wprowadzić jakiś porządek i pogrupowali je w gwiazdozbiory.

Cała sfera obraca się ponad nami ze wschodu na zachód robiąc pełny obrót w ciągu doby. Słońce, planety i Księżyc wędrują po niebie znacznie wolniej w przeciwnym kierunku. Dodatkowo planety wędrują bardzo niejednostajnie, robiąc dziwne pętle. To nietypowe zachowanie było zagadką dla uczonych przez tysiące lat, do czasów Mikołaja Kopernika.

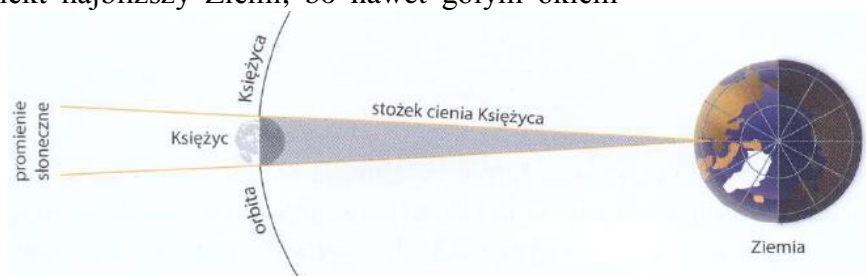
Znacznie prostszy do wyjaśnienia był ruch **Księżyc**a. Nie ulegało wątpliwości, że jest to obiekt najbliższy Ziemi, bo nawet gołym okiem

dostrzec można kratery znajdujące się na jego powierzchni.

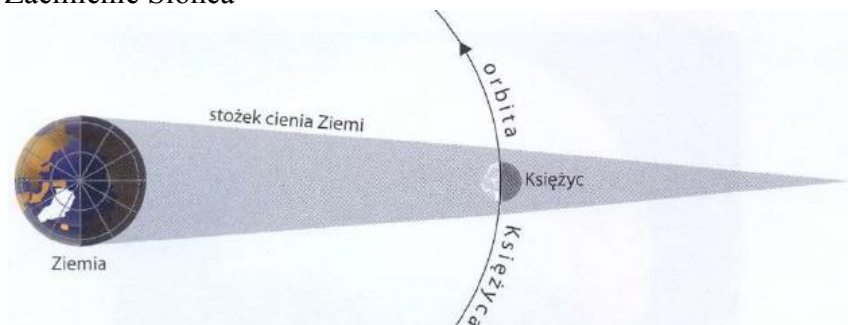
Wiemy, że Księżyc „świeci” światłem odbitym od Słońca. Doskonale widoczne są fazy Księżyc, które spowodowane są rzucaniem przez Ziemię na powierzchnię srebrnego globu cieniem. Cały cykl faz księżycowych trwa 29,5 dnia. Gdy Księżyc zasłania Słońce, mamy do czynienia z zaćmieniem Słońca. Gdy Księżyc chowa się w cieniu Ziemi, mamy do czynienia z zaćmieniem Księżyc.



Fazy Księżyc



Zaćmienie Słońca



Zaćmienie Księżyc

RUCHY CIAŁ NIEBIESKICH

http://e-doswiadczenia.mif.pg.gda.pl/e_doswiadczenia-pl

PLANETY

<https://pl.wikipedia.org/wiki/Planeta>

https://pl.wikipedia.org/wiki/Uk%C5%82ad_S%C5%82oneczny

<https://pl.wikipedia.org/wiki/Ziemia>

<https://pl.wikipedia.org/wiki/Merkury>

<https://pl.wikipedia.org/wiki/Wenus>

<https://pl.wikipedia.org/wiki/Mars>

<https://pl.wikipedia.org/wiki/Jowisz>

<https://pl.wikipedia.org/wiki/Saturn>

<https://pl.wikipedia.org/wiki/Uran>

<https://pl.wikipedia.org/wiki/Neptun>

Planety, które zachowywały się „dziwnie” znane były już w starożytności: Merkury, Wenus, Mars, Jowisz i Saturn.

Na **Merkurym**, który znajduje się najbliżej Słońca, praktycznie nie ma atmosfery. Powierzchnia Merkurego pokryta jest kraterami, tak jak powierzchnia naszego Księżyca. Słońce świeci tam na czarnym niebie, a jego tarcza jest prawie 3 razy większa niż widoczna z Ziemi.

Planeta **Wenus** znana jest pod dwiema nazwami: Gwiazdy Wieczornej, którą można dostrzec po zachodzie Słońca, lub Jutrzenki widocznej przed wschodem. Z powierzchni tej planety nigdy nie widać Słońca ani gwiazd, gdyż niebo pokrywają gęste chmury częściowo składające się z kropelek kwasu siarkowego. Przy samej powierzchni panują „piekielne” warunki: temperatura wynosi 465°C, a ciśnienie sięga 90 atmosfer, czyli jest takie, jak na głębokości 900 metrów pod powierzchnią ziemskiego oceanu.

W krajobrazie **Marsa** dominują pustynie, ale dostrzeżono również krater i olbrzymie kaniony, ukształtowane w odległych epokach przez płynącą wodę i lawę. Niebo na Marsie ma barwę blade pomarańczową, a jego rzadka atmosfera składa się głównie z dwutlenku węgla. Temperatura przy powierzchni wynosi od -90°C do -30°C, tylko wyjątkowo dochodząc do 0°C. Na Marsie jak dotąd nie znaleziono żadnych śladów życia.

Jowisz jest największą planetą Układu Słonecznego. Ma średnicę 11 razy większą od średnicy Ziemi, a masę 318 razy większą od masy naszej planety. Otacza go atmosfera o grubości 1000 km, składająca się głównie z wodoru i helu. Jowisz nie ma twardej powierzchni jak Ziemia.

Saturna wśród innych planet wyróżnia wspaniały pierścień, który nie jest ciałem sztywnym, ale składa się z niezliczonej ilości

drobnych kamieni i skał obiegających niezależnie planetę. Sam Saturn pod względem budowy przypomina Jowisza. Jest jednak nieco mniejszy.

Uran - odkrył go przypadkowo brytyjski astronom William Herschel w 1781 roku. Uran obiega Słońce w odległości 19 jednostek astronomicznych, a okres tego obiegu jest równy 84 lata. Odkrycie to zmieniło poglądy na budowę Układu Słonecznego, gdyż okazało się, że jego rozmiary są co najmniej dwukrotnie większe niż dotychczas przyjmowano.

Odkrycie kolejnej planety - **Neptuna** nastąpiło w 1846 roku. Chociaż planetę jako pierwszy dostrzegł na niebie niemiecki astronom Johann Galie, to jego odkrycie było możliwe dzięki obliczeniom francuza Urbana Le Verriera. Przeanalizował on szczegółowo ruch Urana i wysunął hipotezę, że obserwowane nieregularności w jego ruchu są spowodowane oddziaływaniem grawitacyjnym innej, nieznannej planety, nazwanej później Neptunem, jak się okazało, planeta ta obiega Słońce w odległości około 30 razy większej niż Ziemia.

Oś obrotu **Urana** leży niemal poziomo, co sprawia, że obiega on Słońce jak tocząca się beczka. Gdybyśmy się znaleźli w rejonach bliskich bieguna Urana, to lato trwałoby tam około 42 lat ziemskich, przy czym cały czas nie zachodziłoby Słońce. Następnie przez 42 ziemskie lata byłaby noc.

Neptun, podobnie jak Jowisz, Saturn i Uran, należy do planet olbrzymów. Słońce oglądane z tej planety będzie jedynie bardzo jasno świecącym punktem. Neptun został „odkryty” na podstawie obliczeń matematycznych i po raz pierwszy mogliśmy go oglądać, gdy sonda kosmiczna Voyager II i przekazała wysokiej jakości obrazy tej planety.

W 1930 roku w Stanach Zjednoczonych Clyde Tombaugh odkrył poza orbitą Neptuna kolejny obiekt - **Plutona**.

Gdy na przełomie XX i XXI wieku odkryto kolejne ciała niebieskie obiegające Słońce poza orbitą Neptuna, Międzynarodowa Unia Astronomiczna (organizacja zrzeszająca profesjonalnych astronomów) określiła w 2006 roku, że dane ciało niebieskie może zostać zaliczone do planet, jeśli:

- obiega gwiazdę (w naszym przypadku Słońce),
- nie jest satelitą (księżycem) innego ciała,
- ma wystarczająco dużą masę, aby przybrać kształt kulisty,
- jest na tyle duże, aby wskutek oddziaływania grawitacyjnego oczyścić swoje otoczenie z innych ciał, tzn. wchłonąć inne pobliskie ciała lub je rozproszyć.

Zgodnie z przyjętymi ustaleniami Słońce jest obiegane przez osiem planet: Merkurego, Wenus, Ziemię, Marsa, Jowisza, Saturna, Urana oraz Neptuna. Pluton nie spełnia ostatniego z wymienionych warunków, więc nie został zaliczony do planet, jest jedną z tzw. planet karłowatych.

PLANETARIUM

<http://neave.com/planetarium/>

SYSTEM SŁONECZNY

<http://phet.colorado.edu/en/simulation/my-solar-system>
<http://cmf.p.lodz.pl/efizyka/mod/resource/view.php?id=1608>

JAK BADAMY KOSMOS?

https://pl.wikipedia.org/wiki/Drabina_odleg%C5%82o%C5%9Bci_kosmicznych

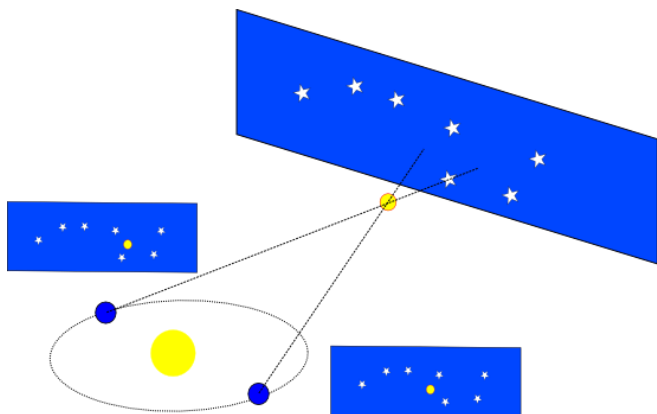
<https://pl.wikipedia.org/wiki/Paralaksa>

https://pl.wikipedia.org/wiki/%C5%9Awieca_standardowa

POMIAR ODLEGŁOŚCI

Pomiary odległości we Wszechświecie należą dzisiaj do jednych z najważniejszych zadań astronomii.

Skąd właściwie wiemy, jak daleko są gwiazdy? Można to w bardzo prosty sposób oszacować. Służy do tego celu tzw. **metoda paralaksy** i polega na obliczeniu kąta, pod którym widoczny jest obiekt z różnych miejsc. W najprostszym przypadku wystarczy umieścić kciuk na wybranym przedmiocie i popatrzeć na niego raz lewym i raz prawym okiem. Każde z oczu będzie postrzegać przedmiot w innym miejscu. Wystarczy pomierzyć odpowiednie odległości i korzystając z twierdzenia Talesa obliczyć interesującą nas odległość od przedmiotu.



Astronomiczne jednostki długości

Okazało się przy okazji, że bardzo trudno będzie określać odległości do kolejnych gwiazd za pomocą kilometrów. Wymyślono więc kolejną jednostkę oznaczaną jako AU lub j.a. i nazwano jednostką astronomiczną. **Jednostka astronomiczna (AU)** to średnia odległość Ziemi od Słońca, czyli promień ziemskiej orbity. Wynosi ona około 149,6 mln km. Zatem w przybliżeniu możemy zapisać, że: $1 \text{ AU} = 150 \text{ mln km} = 1,5 \cdot 10^8 \text{ km} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$.

W miarę doskonalenia technik obserwacyjnych okazało się, że nawet jednostka astronomiczna jest

W podobny sposób oblicza się odległości do gwiazd, które w trakcie rocznego cyklu zakreślają na sferze niebieskiej koła. Nie przymykamy oczu lecz sprawdzamy, o ile przesunęła się gwiazda na sferze niebieskiej w ciągu roku. Ponieważ te kółeczka są niezwykle małe, dlatego przez ponad 200 lat nie można było udowodnić teorii Kopernika. Dopiero po roku 1830 zaobserwowano pierwsze paralaksy. Różnice kątowe były mniejsze niż $1/3600$ stopnia, ale udało się m.in. określić odległość do najbliższej gwiazdy Alfa Centauri, która znajduje się ponad $3,75 \cdot 10^{13} \text{ km}$. Światło potrzebuje ponad 4 lata, aby pokonać tę drogę.

Odległość można mierzyć korzystając z **efektu Dopplera**. Świecąca gwiazda wysyła promieniowanie. Obserwacja z jednego końca Ziemi (oddalamy się) i z drugiego końca (przybliżamy się) pozwala wyliczyć odległość.

zbyt mała i niepraktyczna. Zaproponowano więc kolejną. **Rok świetlny (ly)**, to odległość, jaką pokona światło w ciągu jednego roku. Ponieważ prędkość światła wynosi około 300 000 km/s, a rok ma $365,24 \cdot 24 \cdot 3600$ sekund, więc rok świetlny (po wymnożeniu) będzie miał około $9,5 \cdot 10^{12} \text{ km}$. Innymi słowy można powiedzieć, że Alfa Centauri jest oddalona od Ziemi o 4 lata świetlne. Gwiazda Polarna jest odległa o ponad 400 lat świetlnych.

W astronomii operuje się jeszcze jedną jednostką o nazwie **parsek (pc)** – to odległość z której odcinek 1 AU jest widoczny pod kątem 1 stopnia. Jeden parsek, to około $3 \cdot 10^{13} \text{ km}$.

CZASOPRZESTRZEŃ

<https://pl.wikipedia.org/wiki/Czasoprzestrze%C5%84>

Przy okazji określania odległości we Wszechświecie okazało się, że nie jesteśmy w stanie obserwować odległych gwiazd i galaktyk takimi, jakimi są w danym momencie. Gdy dzisiaj obserwujemy Gwiazdę Polarną, tak naprawdę widzimy światło, które dotarło do nas z tej gwiazdy z czasów Kopernika i Batoiego, czyli jak było ponad 400 lat temu! Możemy zobaczyć tylko przeszłość, a im dalej sięgamy w głąb Wszechświata, tym głębiej patrzemy w przeszłość.

Gdzie jest brzeg wszechświata? Na pewno nie zobaczymy go nigdy, gdyż wszechświat cały czas

się rozszerza. Z różnych obliczeń wynika, że powstał około 14 miliardów lat temu, w wyniku wybuchu. Więc jeśli rozszerza się (jego krańce) z prędkością światła, to obecnie przypomina ciągle rozszerzający się balon o promieniu około 14 miliardów lat świetlnych.

Naukowcy przypuszczają, że nasza galaktyka znajduje się na brzegu tego balonu. Taka konstrukcja sprawia, że nigdy nie będziemy w stanie zaobserwować najdalszych krańców, które oddalają się z prędkością światła. Udało się nam jednak, za pomocą różnych metod „zobaczyć” około 2 miliardów lat świetlnych wokół siebie.

POMIARY MASY, TEMPERATURY I SKŁADU CHEMICZNEGO

Badanie masy Słońca. Ponieważ Ziemia krąży wokół Słońca, dlatego siła dośrodkowa jest równa sile grawitacji i z tej zależności bardzo łatwo wyliczyć masę Słońca. Wyliczając masy obserwowanych gwiazd można stwierdzić, że wahają się one od ok. 1/10 do 100 razy większej niż masa Słońca.

Obliczanie temperatury powierzchni Słońca. Możemy zmierzyć jasność, czyli moc promieniowania, np. za pomocą pomiaru energii, jaka pada na powierzchnię Ziemi. I podobnie, jak to się dzieje w hutach, znana jest zależność pomiędzy kolorem metalu, a jego temperaturą (prawo Stefana-Boltzmann). Na tej podstawie można stwierdzić, że na powierzchni Słońca ma temperaturę około 6000 K (kelwinów)

Temperatura wewnątrz Słońca. Potrafimy obliczyć dopiero, gdy odkryto naturę świecenia gwiazd. Chodzi oczywiście o reakcje termojądrowe, w których wodór zamienia się w hel wydzielając przy okazji energię. Dodatkowo we wnętrzu gwiazdy działa jeszcze ciśnienie grawitacyjne, które zgina środek. Wyliczono, że temperatura wynosi około $15 \cdot 10^6$ K.

Badanie składu chemicznego Słońca. Ponieważ Słońce, to głównie gaz, więc można przeanalizować widmo promieniowania i na tej podstawie określić skład chemiczny (prążki). Okazało się, że na Słońce składa się z 75% wodoru, 24% helu, a 1% to inne pierwiastki.

ODKRYWANIE PLANET - DOPPLER

<http://cmf.p.lodz.pl/efizyka/mod/resource/view.php?id=1611>

ODKRYWANIE PLANET – TRANZYT

<http://cmf.p.lodz.pl/efizyka/mod/resource/view.php?id=1611>

<http://cmf.p.lodz.pl/efizyka/mod/resource/view.php?id=1622>

GWIAZDY

<https://pl.wikipedia.org/wiki/S%C5%82o%C5%84ce>

<https://pl.wikipedia.org/wiki/Gwiazda>

https://pl.wikipedia.org/wiki/Ewolucja_gwiazd

Podstawowym składnikiem Wszechświata są gwiazdy. Tak przynajmniej nam się wydaje, gdyż są to jedyne świecące obiekty na niebie. Jest ich niewyobrażalnie dużo i możemy jedynie z dużym przybliżeniem szacować ich ilość.

Gwiazda jest obiektem, który świeci własnym światłem. Gwiazda to ogromna gazowa kula wodorohelowa. Światło bierze się z reakcji syntezy termojądrowej, zachodzącej we wnętrzu gwiazdy, w czasie której atomy wodoru zamieniają się w hel. Na jak długo wystarczy paliwa wodorowego w gwiazdzie? Znajac masę gwiazdy można w łatwy sposób to obliczyć. Na przykład naszemu Słońcu wystarczy paliwa na około 10 miliardów lat.

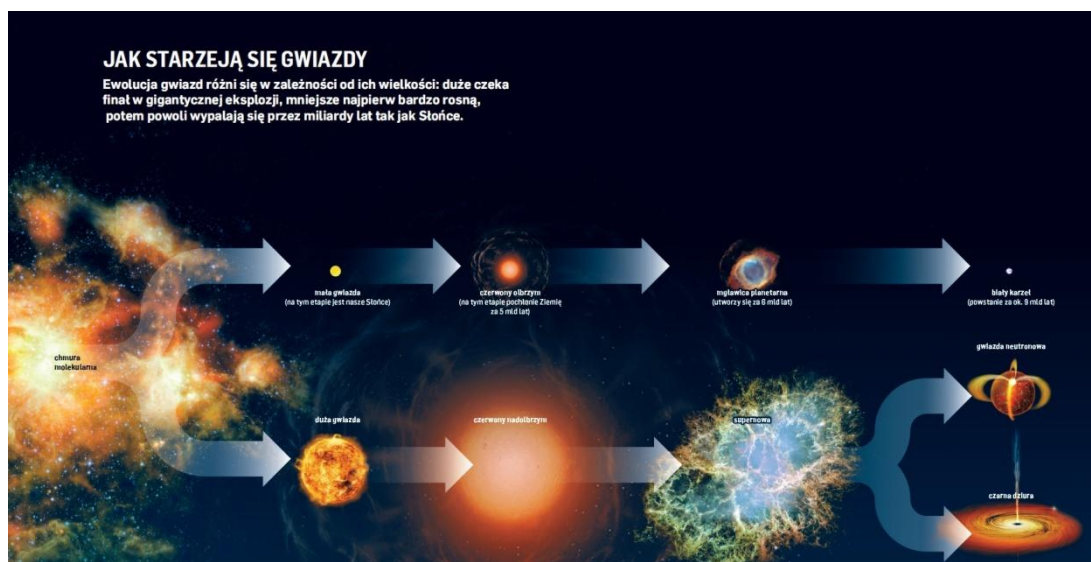
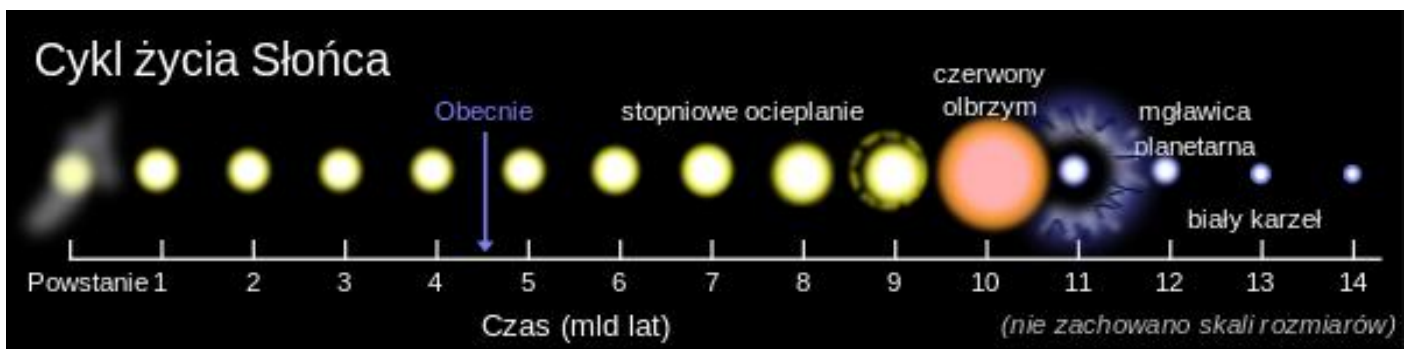
Po wyczerpaniu się paliwa, gwiazda zacznie się zapadać wskutek grawitacji, co spowoduje kolejne podgrzanie i spuchnięcie do tzw. **czerwonego olbrzyma**. Wszystkie gazy ulegną w przestrzeń kosmiczną, pozostawiają stałe jądro, złożone głównie z żelaza i niklu. Będzie to tzw. **biały karzeł**, o średnicy kilku tysięcy kilometrów, i taki

będzie koniec naszego Słońca i innych gwiazd o masie mu podobnych.

Gwiazdy cięższe od Słońca, w pewnym momencie zaczną się gwałtownie kurczyć (po wypaleniu się paliwa jądrowego). Kurcząca się gwałtownie jądro może nagle wybuchnąć i rozerwać się (powstanie tzw. **supernowa**) lub też kurczyć się nadal zamieniając się w **gwiazdę neutronową** (składającą się z samych neutronów, o średnicy kilkunastu kilometrów) lub też w tzw. czarną dziurę.

Czarna dziura jest o tyle ciekawym obiektem, że nie można jej bezpośrednio zaobserwować - gdyż ciśnienie grawitacyjne jest w niej tak olbrzymie, że zatrzymuje w sobie wszelkie promieniowanie i nie pozwala na świecenie.

Podsumowując życie gwiazdy, można stwierdzić, że koniec następuje zawsze na jeden z trzech sposobów, który zależy tylko od masy gwiazdy: **biały karzeł, gwiazda neutronowa lub czarna dziura**.



GALAKTYKI

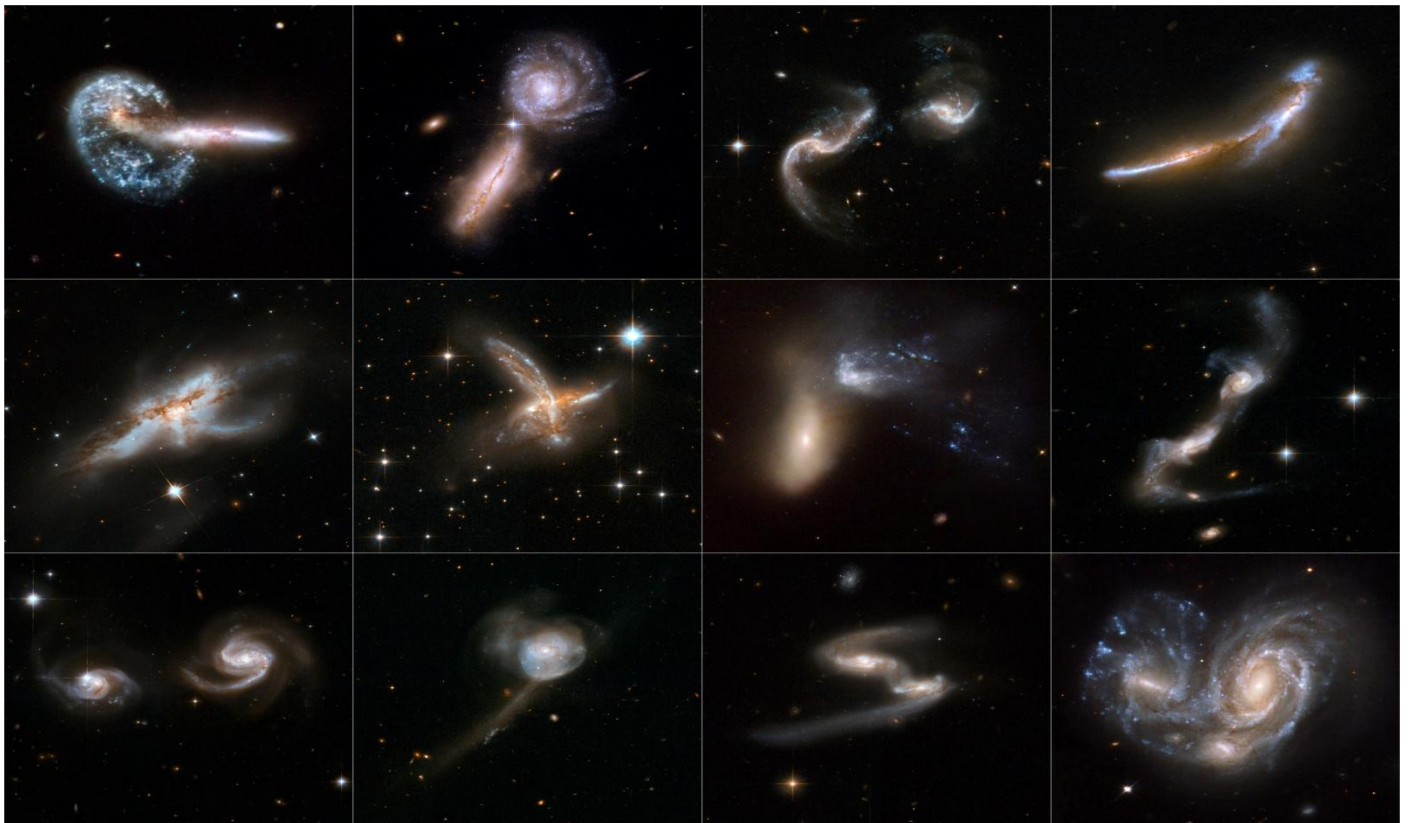
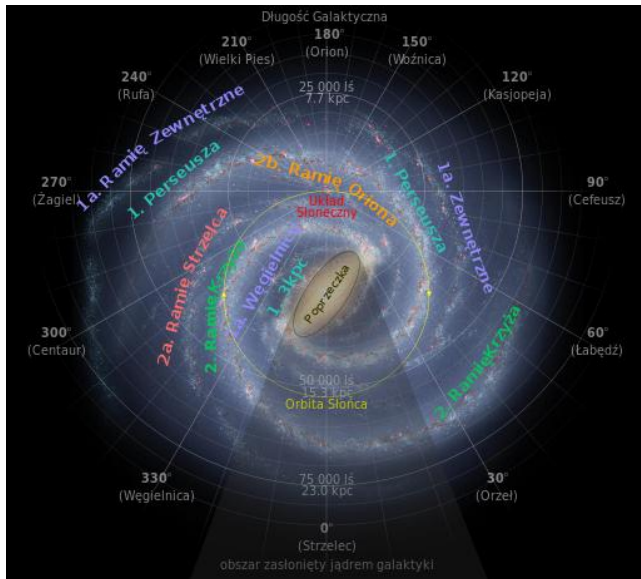
<https://pl.wikipedia.org/wiki/Galaktyka>

https://pl.wikipedia.org/wiki/Droga_Mleczna

Gwiazdy nie żyją samotnie, ponieważ się nawzajem przyciągają. Wiele z nich tworzy gromady, grupujące wiele milionów gwiazd. Taką najbardziej nam znaną jest tzw. **Droga Mleczna**, w której znajduje się i nasze Słońce. „Widziana z zewnątrz”, nasza galaktyka ma kształt spłaszczonego dysku z kilkoma spiralnymi ramionami. Zawiera ponad 100 miliardów gwiazd i ma średnicę około 100 tysięcy lat świetlnych.

Nikt rzecz jasna nie zrobił zdjęcia naszej galaktyki „z zewnątrz”, potrafimy jedynie sobie to tylko wyobrazić. Nasz Układ Słoneczny i Ziemia znajdują się dość daleko od centrum. Wszystkie gwiazdy i mgławice są w nieustannym ruchu i krążą wokół gęstego centrum. Przypuszcza się obecnie, że tym centrum może być ogromna czarna dziura. Jedno okrążenie wokół centrum trwa około 200 milionów lat.

We Wszechświecie, który możemy dostrzec za pomocą najnowszych przyrządów optycznych widać około 100 miliardów innych galaktyk. Najbliższa nam (Andromeda) znajduje się w odległości 2,5 miliona lat świetlnych! Światło, które dociera do nas w tym momencie, zostało wypromieniowane z tej galaktyki 2,5 miliona lat temu – gdy gatunek ludzki jeszcze nie istniał, a praludzie schodzili z drzew i uczyli się chodzić na dwóch kończynach! Potrafimy zaobserwować różne galaktyki aż do odległości 13 miliardów lat świetlnych.



EWOLUCJA WSZECHŚWIATA

https://pl.wikipedia.org/wiki/Wszech%20%9Bwiat#Ewolucja_Wszech.C5.9Bwiata

https://pl.wikipedia.org/wiki/Edwin_Hubble

https://pl.wikipedia.org/wiki/Prawo_Hubble%E2%80%99a

https://pl.wikipedia.org/wiki/Kosmiczny_Teleskop_Hubble%E2%80%99a

https://pl.wikipedia.org/wiki/Wiek_Wszech%20%9Bwiata

Zapewne najważniejsze astronomiczne odkrycie XX wieku zostało dokonane w 1929 roku w USA, gdzie znajdował się wówczas największy teleskop na świecie. Edwin Powell Hubble, analizując wyniki pomiarów, ze zdumieniem zauważył, że prawie wszystkie galaktyki oddalają się od Drogi Mlecznej. Zauważył także, że **prędkość ucieczki galaktyk jest wprost proporcjonalna do ich odległości od nas**. Im dalej galaktyka, tym szybciej się oddala! Można to zapisać równaniem, które dziś nosi nazwę **prawa Hubble'a**:

$$v = H \cdot d$$

gdzie:

v - prędkość, oddalania się galaktyki,

H - stała Hubble'a,

d - odległość galaktyki od Drogi Mlecznej

Stać Hubble'a H jest dość trudna do wyznaczenia i w różnych podręcznikach podaje się jej różne wartości. W roku 2011 przyjmowano, że wynosi:

$$H \approx 2,23 \cdot 10^{-5} \frac{\text{km}}{\text{s} \cdot \text{ly}}$$

Skoro wszystkie galaktyki się oddalają, to kiedyś musiały być bliżej siebie, a na samym początku w jednym miejscu! Możemy obliczyć ten czas znając drogę i prędkość i korzystając z zależności Hubble'a. Przyjmujemy że droga s jest odległością d w równaniu Hubble'a.

$$t = \frac{s}{v} = \frac{d}{H \cdot d} = \frac{1}{H}$$

Okazuje się, że można obliczyć (szacunkowo) wiek Wszechświata i jest to odwrotność stałej Hubble'a!

Zadanie

Galaktyka Wir (M51) jest odległa od nas o 26 mln lat świetlnych. Jak szybko - zgodnie z prawem Hubble'a - powinna ona oddalać się od Drogi Mlecznej?

Odległość galaktyki Wir podstawiamy do wzoru:

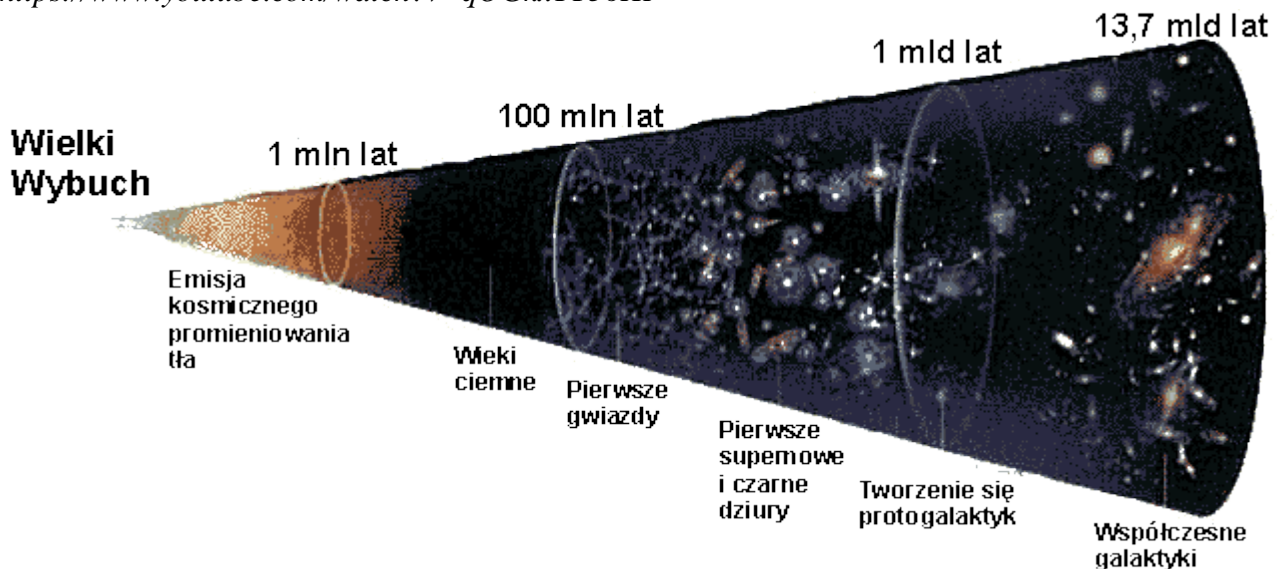
$$v = 2,23 \cdot 10^{-5} \frac{\text{km}}{\text{s} \cdot \text{ly}} \cdot 26 \cdot 10^6 \text{ly} \approx 580 \frac{\text{km}}{\text{s}}$$

Odp. Galaktyka Wir oddala się od Ziemi z szybkością 580 km/s

TEORIA WIELKIEGO WYBUCHU

https://pl.wikipedia.org/wiki/Wielki_Wybuch

<https://www.youtube.com/watch?v=qOGkxYT56HI>



Nasz Wszechświat ma około 14 miliardów lat. Cała obserwowalna obecnie materia była kiedyś skupiona w jednym miejscu. Gęstość i temperatura były niewyobrażalnie duże. Od tego momentu Wszechświat nieustannie się rozszerza. Nie wiemy, co było przedtem i czy w ogóle było „jakieś przedtem”. W tym „wybuchu” powstały dopiero czas i przestrzeń, które znamy. Wiemy jednak całkiem dobrze, co się stało „zaraz potem”.

W miarę rozszerzania się Wszechświata temperatura i gęstość materii malały. Potrafimy opisać, co się działo już kilka sekund od chwili „zero”. Tworzyły się najpierw cząstki elementarne, a potem jądra atomowe. Dopiero około 300 tys. lat później - same atomy. Potem na skutek grawitacji lokalne zagęszczenia materii przekształcały się w obłoki gazowe i galaktyki, w których powstawały gwiazdy. Bardzo masywne gwiazdy wybuchały jako supernowe i rozsiewały w przestrzeni pierwiastki cięższe od helu (gdy jeszcze nie było gwiazd, mogły powstawać w zasadzie tylko wodór i hel). Z materii wzbogaconej w pierwiastki ciężkie tworzyły się

kolejne gwiazdy wraz z rodzinami planet, planetoid i komet. W końcu 9 mld lat po Wielkim Wybuchu w zakątku jednej z galaktyk powstał Układ Słoneczny, a potem nasza Ziemia i My.

To tylko teoria, ale bardzo dobrze potwierdzona przez obserwacje. Nie tylko prawo Hubble’a za nią przemawia. Teoria Wielkiego Wybuchu tłumaczy proporcje ilościowe między wodorem i helem we Wszechświecie. Tylko ona elegancko wyjaśnia mikrofalowe promieniowanie tła, odkryte w roku 1964. To promieniowanie jest pozostałością po młodym Wszechświecie, jednorodnie wypełnionym fotonami, elektronami oraz innymi cząstkami. Po utworzeniu atomów gaz fotonów gęsto wypełniający wówczas Wszechświat przestał w zasadzie oddziaływać z pozostałą materią. Promieniowanie ciągle tylko obniżało temperaturę na skutek ekspansji Wszechświata. Dziś ma temperaturę około -270°C i wypełnia jednorodnie cały kosmos - w każdym metrze sześciennym jest kilkaset milionów fotonów mikrofalowego promieniowania tła.

EKSPANSJA WSZECHŚWIATA

https://pl.wikipedia.org/wiki/Teoria_wzgl%C4%99dno%C5%9Bci

https://pl.wikipedia.org/wiki/Wszech%C5%9Bwiat_Friedmana#Przysz.C5.82o.C5.9B.C4.87_Wszech.C5.9Bwiat

https://pl.wikipedia.org/wiki/Szczeg%C3%B3lna_teoria_wzgl%C4%99dno%C5%9Bci

https://pl.wikipedia.org/wiki/Og%C3%B3lna_teoria_wzgl%C4%99dno%C5%9Bci

<https://www.youtube.com/watch?v=qcBxDfyQ754>

Ekspansję Wszechświata opisuje ogólna teoria względności Alberta Einsteina. Według niej to nie galaktyki uciekają od nas w przestrzeni. To sama przestrzeń się rozszerza! Możemy to sobie mniej więcej wyobrazić, jeśli do balonika przykleimy cekiny lub skrawki papieru reprezentujące gromady galaktyk. Jeśli będziemy nadmuchiwać balonik, to cekiny będą się od siebie oddalać, ale nie dlatego, że uciekają od siebie. Po prostu balonik puchnie. Same galaktyki, jak i pozostałe ciała związane pewnymi siłami (np. ty), nie rozszerzają się, podobnie jak cekiny.

Czy Wszechświat rozszerza się w stałym tempie? Powinien raczej zwalniać, gdyż wszystkie galaktyki się przyciągają, a siły grawitacji ograniczają ekspansję Wszechświata. Jednak wiele uzyskanych ostatnio danych wskazuje, że ekspansja przyspiesza. Przyczyną może być tzw. ciemna energia, o której naturze nic bliżej nie wiadomo.

Nie jest to wcale jedyny nierozwiązany problem w naszym rozumieniu Wszechświata. Na przykład wiadomo również, że istnieje tzw. ciemna materia, czyli materia, której nie widzimy, bo nie świeci. Jednak obserwujemy skutki jej oddziaływania grawitacyjnego - stąd wiemy o jej istnieniu. Cała widzialna materia - wszystkie gwiazdy i mgławice - to tylko 5% całej materii Wszechświata. O pozostałych 95% nie wiemy, jak dotąd, prawie nic.

Cóż, taka jest istota nauki. Daje ona precyzyjne odpowiedzi na pytania dotyczące praw natury i budowy Wszechświata. Nie daje jednak odpowiedzi ostatecznych i to różni ją od religii. Każda odpowiedź rodzi kolejne pytania, na które uzyskujemy dokładniejszą odpowiedź, a ona z kolei zawiera w sobie bardziej wyrafinowane pytania. Każde pokolenie uczonych przesuwa tę granicę poznania dalej i dalej. Dla ciebie, drogi czytelniku, też jest miejsce w tej fascynującej przygodzie ludzkości.

