



Fundusze Europejskie
Wiedza Edukacja Rozwój



**Rzeczpospolita
Polska**

Unia Europejska
Europejski Fundusz Społeczny



Technologie kosmiczne i satelitarne w praktyce

dr inż. Marek Chodnicki



**KASZUBSKI
UNIwersytet
LUDOWY**

HEVELIANUM

Projekt

Politechnika Wielu Pokoleń
POWR.03.01.00-00-T062/18

dr inż. Marek Chodnicki

e-mail: marchodn@pg.edu.pl

tel.: 601650881

- **Prof. dr hab. inż. Edmund Wittbrodt**
- **Dr hab. inż. Zbigniew Łubniewski, prof. PG**

Terminy zajęć:

- **04.05.2021 (wtorek) godz. 17:00-19:30 - MCh**
- **11.05.2021 (wtorek) godz. 17:00-19:30 - MCh**
- **15.05.2021 (sobota) godz. 09:00-11:30 - ZŁ**
- **18.05.2021 (wtorek) godz. 17:00-19:30 - MCh**
- **21.05.2021 (piątek) godz. 17:00-19:30 - EW**
- **22.05.2021 (sobota) godz. 09:00-11:30 - ZŁ**
- **28.05.2021 (piątek) godz. 17:00-19:30 - EW**
- **29.05.2021 (sobota) godz. 09:00-11:30 - ZŁ**
- **04.06.2021 (piątek) godz. 17:00-19:30 - EW**
- **19.06.2021 (sobota) godz. 09:00-11:30 - ZŁ**
- **26.06.2021 (sobota) godz. 09:00-11:30 - ZŁ**

Plan wykładu - MCh:

- **Wstęp do technologii kosmicznych**

TELESKOPY

Teleskopy pozwalają astronomom obserwować znacznie więcej gwiazd, niż byliby w stanie przy pomocy samych oczu.

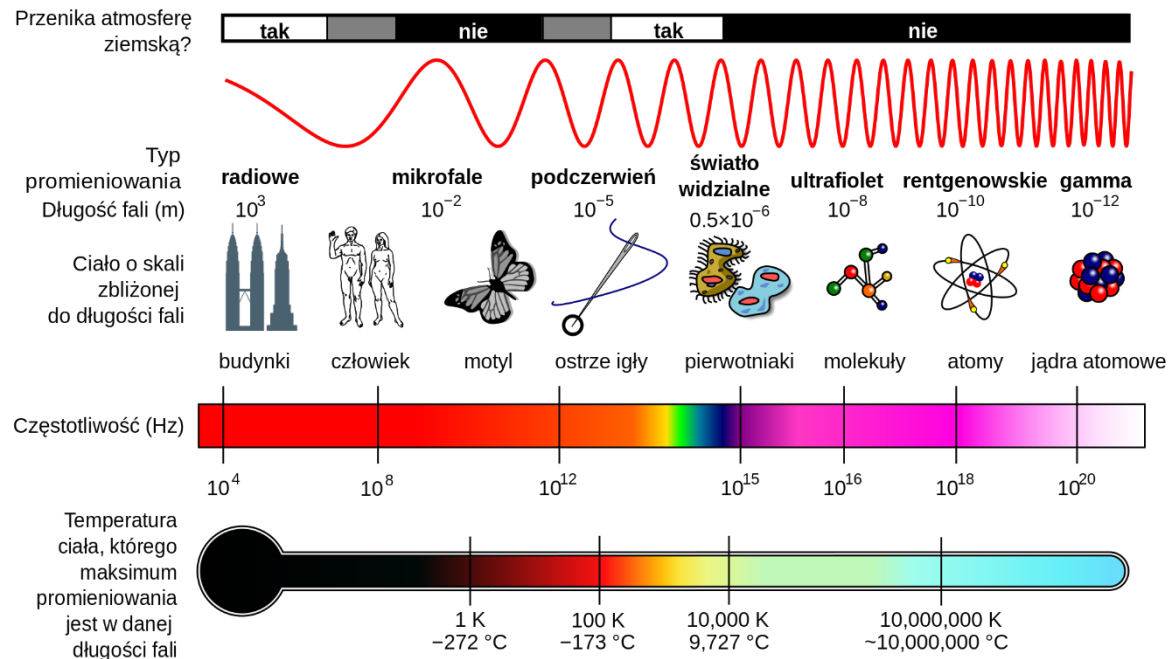
Astronomowie używają wielu rodzajów teleskopów do badania energii świetlnej emitowanej przez gwiazdy i inne obiekty w kosmosie



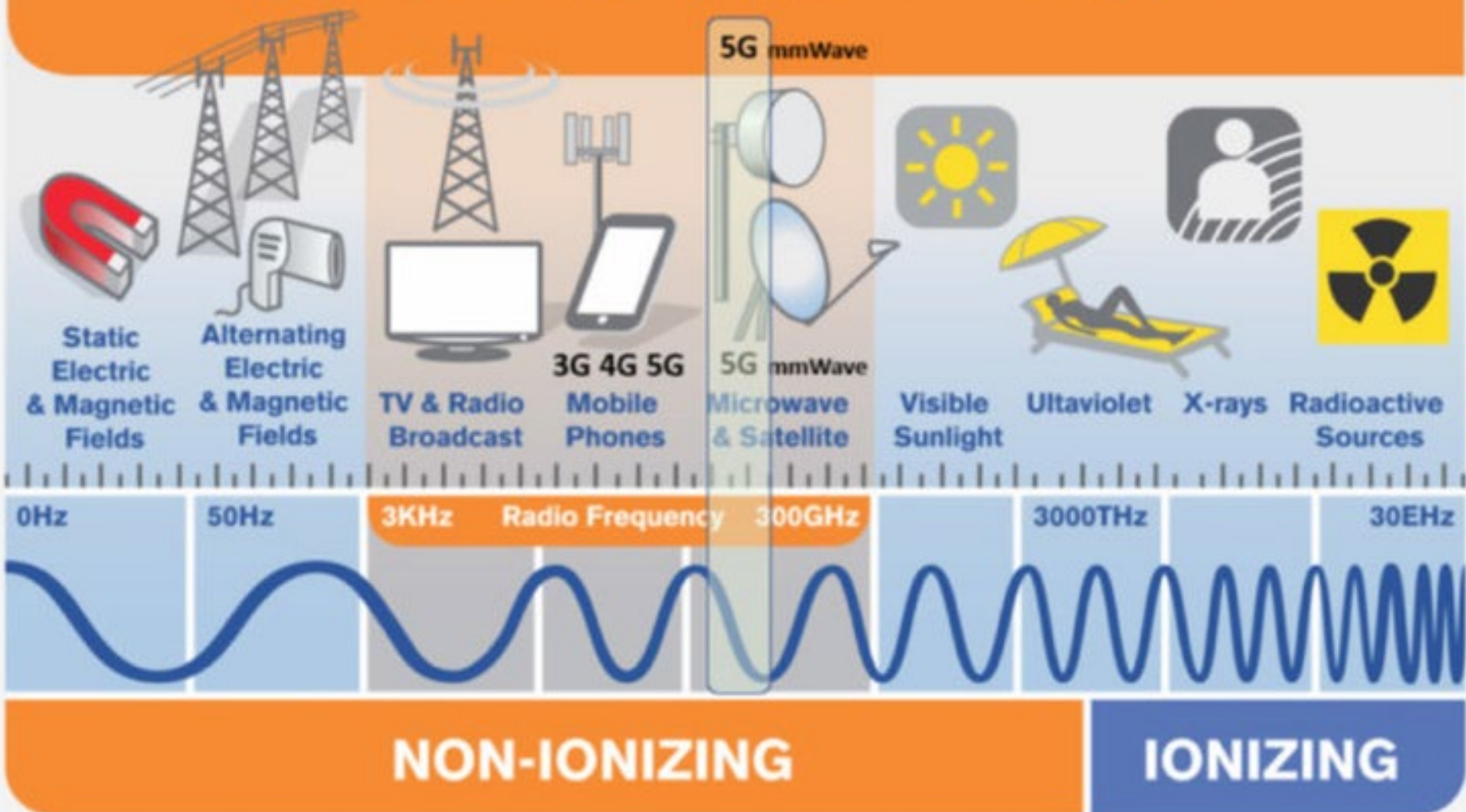
Gwiazdy promieniają energię w przestrzeń. Ta energia przemieszcza się jako fale elektromagnetyczne.

Cały zakres energii promienistej przenoszonej przez fale elektromagnetyczne to widmo elektromagnetyczne.

Większość długości fal widma elektromagnetycznego nie jest widoczna dla ludzkiego oka



THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



Rodzaj energii promienistej emitowanej przez gwiazdę zależy od jej temperatury.

Niektóre gwiazdy są tak daleko, że zanim ich energia promieniowania dociera do Ziemi, potrzeba miliardów lat.



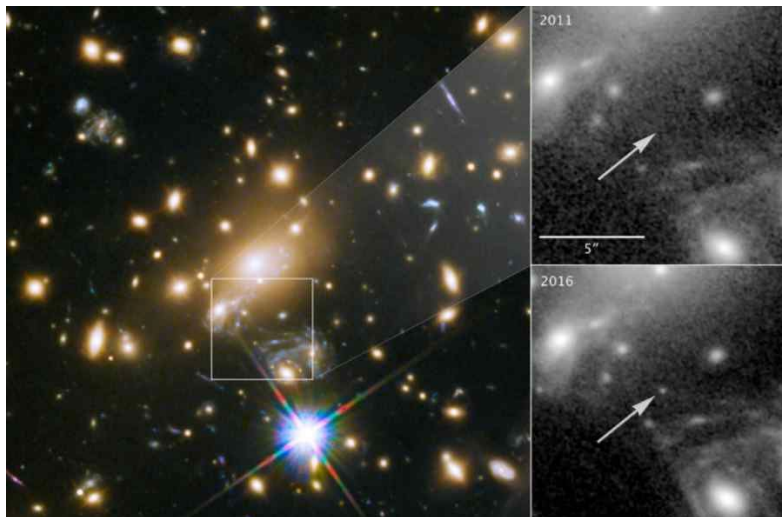
Wyobraźmy sobie, że ruszamy w kosmiczną podróż z prędkością światła.

Czyli w każdej sekundzie pokonujemy aż 300.000 km.

Do najbliższej sąsiedniej gwiazdy (Proxima Centauri) będziemy podróżowali ponad 4 lata (dokładnie: 4,24 lat świetlnych, tj. 40 bilionów km) !!!

Podróż na krańce naszej galaktyki to już dziesiątki tysięcy lat.

Naprawdę daleki kosmos ciągnie się dalej miliardy lat świetlnych.



Ikar – najdalsza gwiazda którą udało się dostrzec – 9 miliardów lat świetlnych od Układu Słonecznego

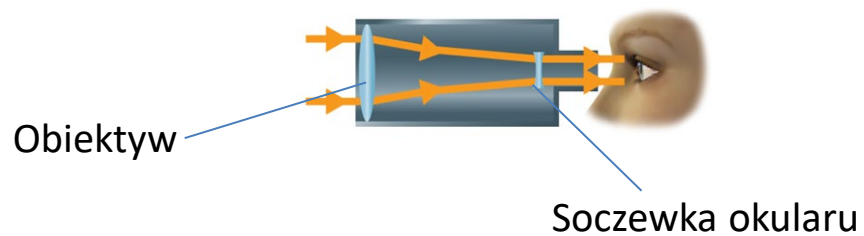
Galaktyka Gn-Z11 znajdująca się 13,4 miliarda lat świetlnych od Układu Słonecznego



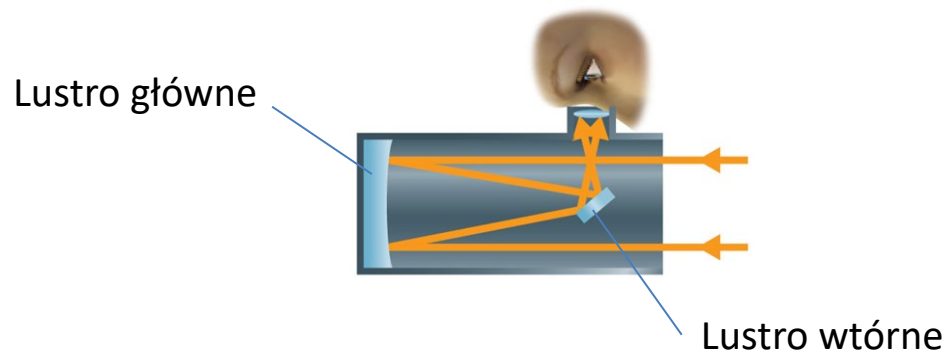
Teleskopy naziemne

Teleskopy optyczne – „zbierają” światło widzialne

Teleskopy załamujące światło



Teleskopy odbijające światło (zwierciadlane)



Teleskopy naziemne

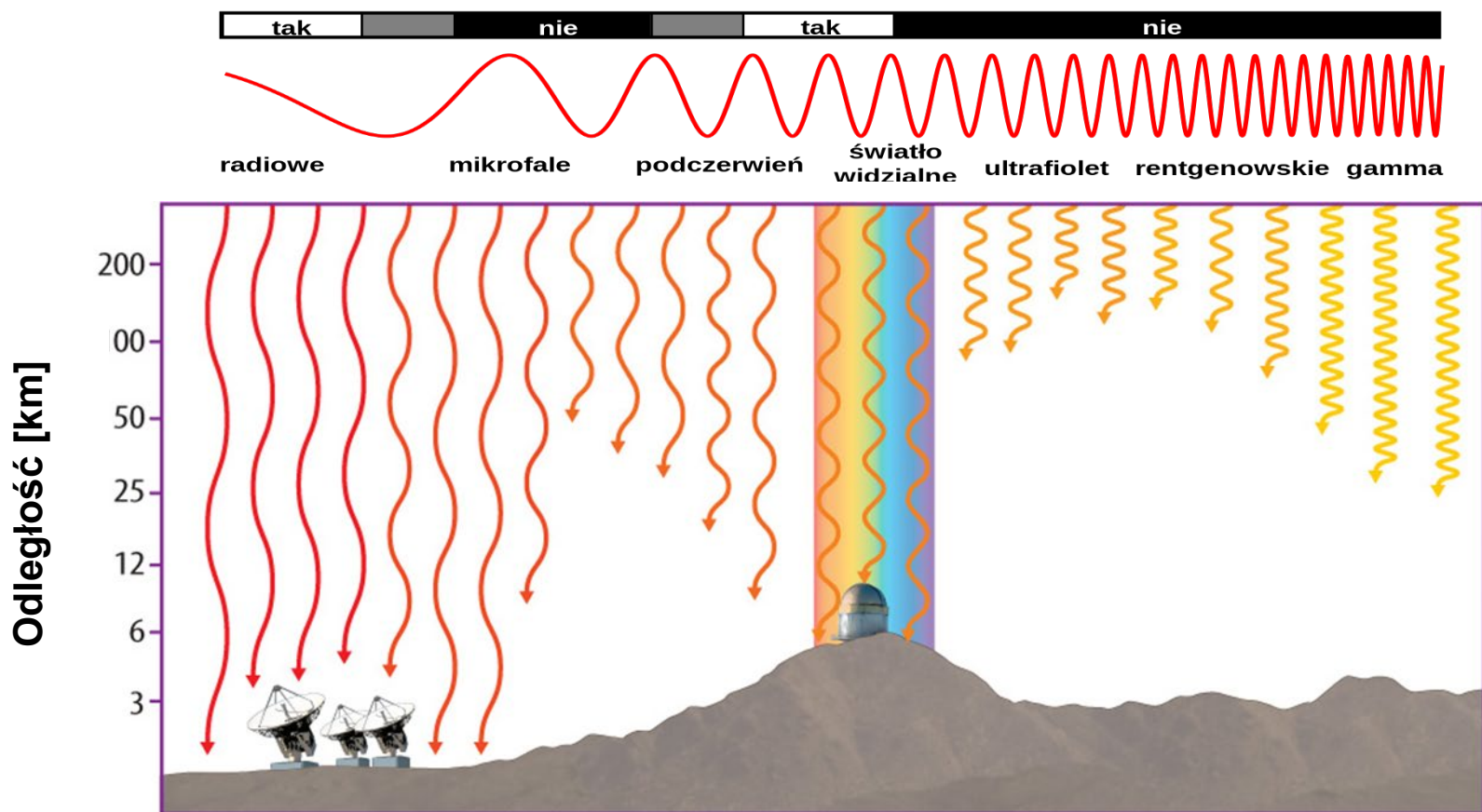
Radioteleskopy – „zbierają” niewidzialne fale radiowe i niektóre mikrofałe.



Obserwatorium Astronomiczne UMK w
Piwnicach (14 km od Torunia)

Radioteleskop o średnicy 32 m

Teleskopy na ziemi nie zbierają energii z wszystkich długości fal



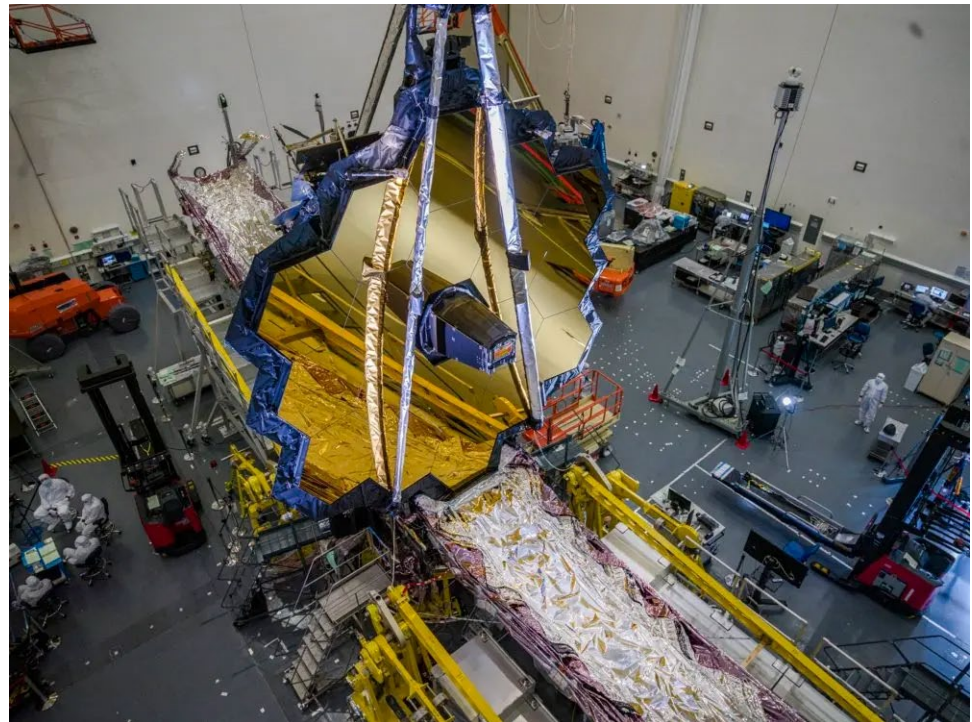
Teleskopy w kosmosie

Pierwszy optyczny teleskop kosmiczny, Kosmiczny Teleskop Hubble'a, jest teleskopem zwierciadlanym krążącym wokół Ziemi.

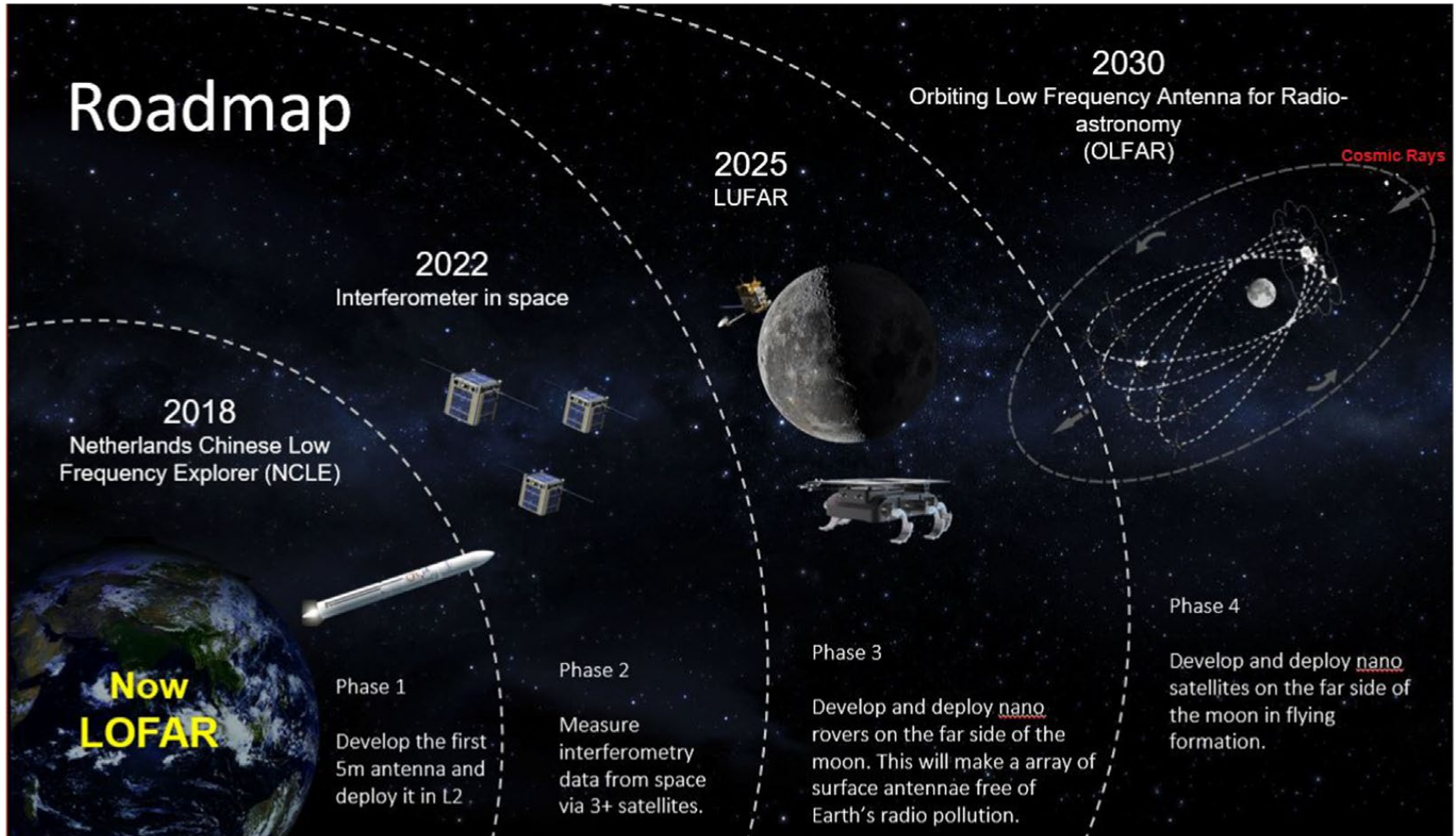


Kosmiczny Teleskop Jamesa Webba:

<https://www.youtube.com/watch?v=hf5ZkRE7wVc&t=63s>



Orbiting Low Frequency Antennas for Radio Astronomy (OLFAR)



RAKIETY

Rakieta to pojazd napędzany się poprzez wyrzucanie spalin z jednego końca.

Silniki raketowe przenoszą ze sobą tlen i mogą działać w przestrzeni, w której jest bardzo mało tlenu.

Space Forest



SpaceForest
innovative solutions

Rockets

BIGOS 4



PERUN



CARBONARA 2

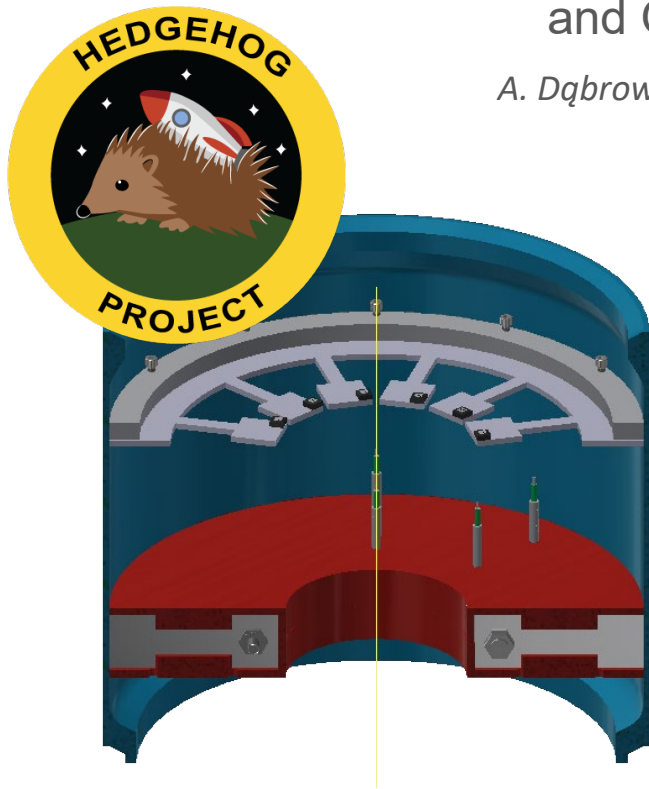


Hedgehog

High-quality Experiment Dedicated to microGravity Exploration, Heat flow and Oscillation Measurement from Gdańsk

A. Dąbrowski, K. Pelzner, J. Goczowski, A. Elwertowska, S. Krawczuk

Celem misji jest zebranie informacji na temat dynamiki rakiety i warunków termicznych dla lepszego projektowania przyszłych ładunków



<https://www.youtube.com/watch?v=eYRexC458c4>

<https://www.youtube.com/watch?v=f5BBYQ0h9lc>

SATELITY

Każdy mały obiekt krążący wokół większego obiektu jest satelitą.

Rakiety umieszczają satelity na orbicie wokół Ziemi lub innych obiektów w kosmosie.

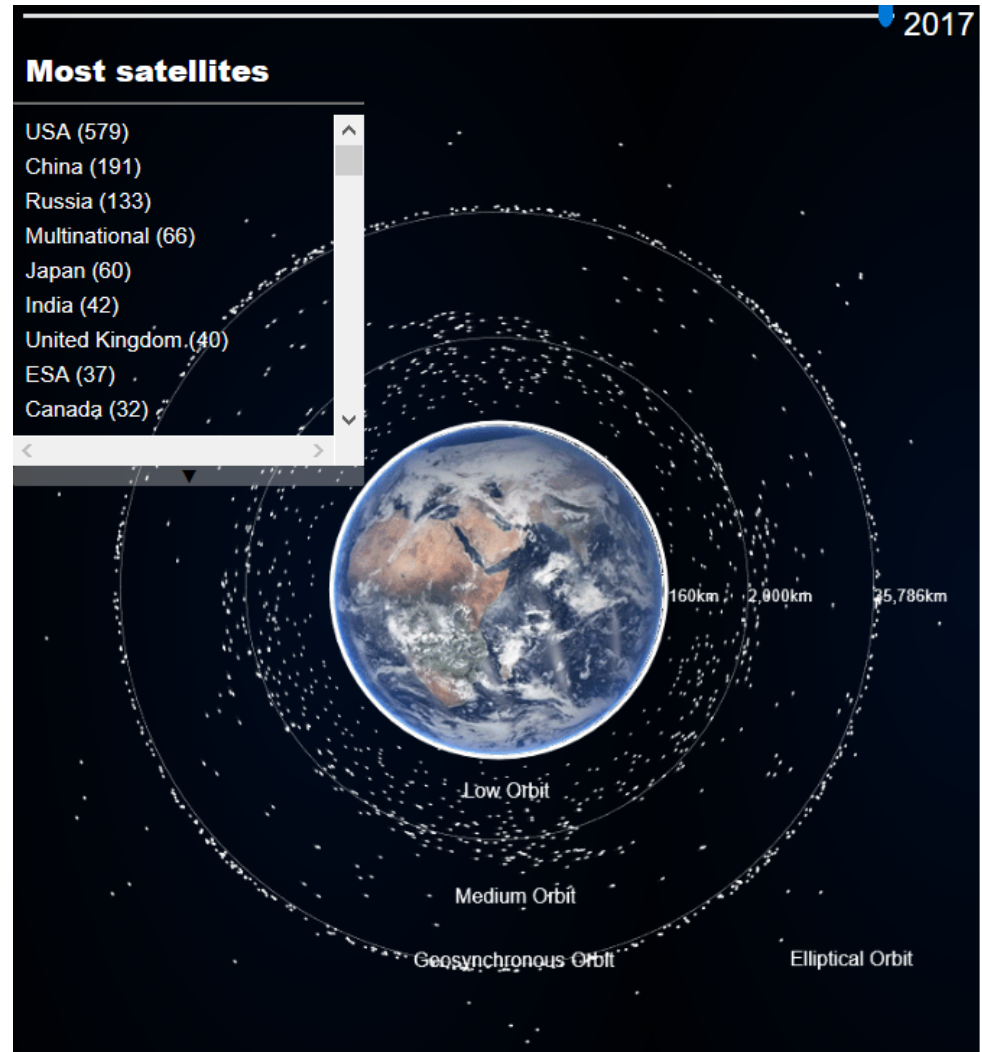
Satelity wysyłają informacje z powrotem na Ziemię.



Obecnie około 6000 satelitów krąży wokół naszej planety. Około 60% z nich to niedziałające satelity - śmieci kosmiczne - a około 40% działa.

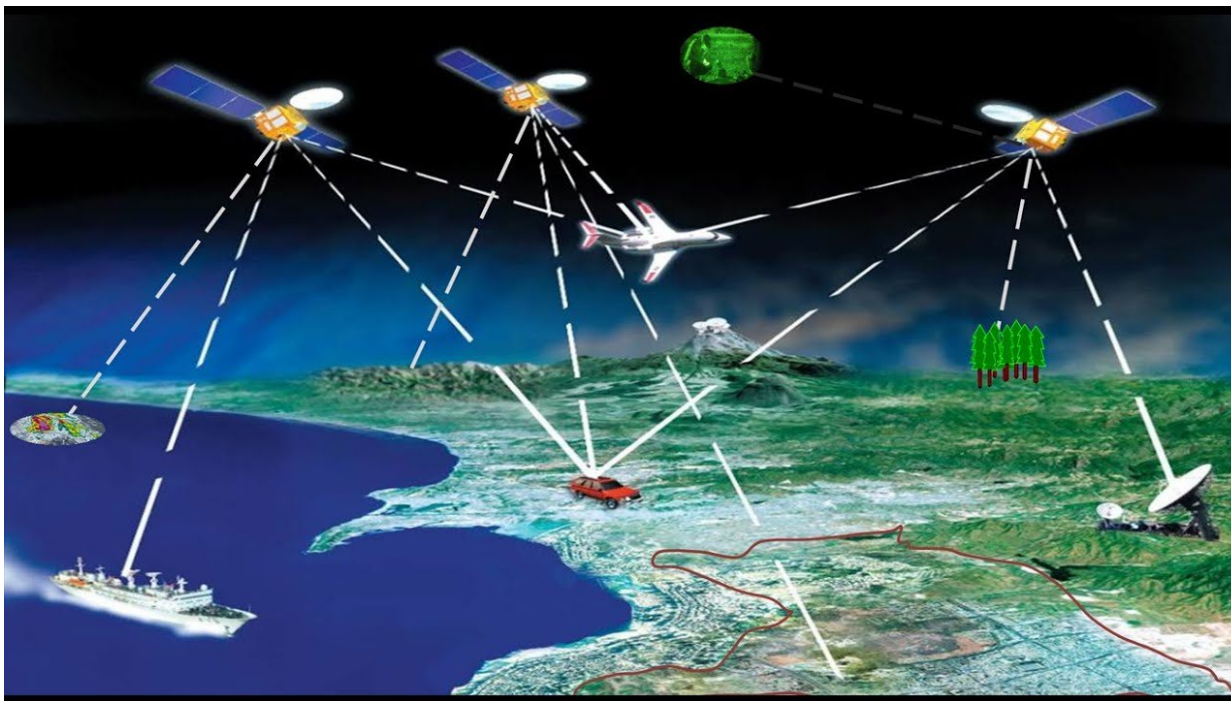
The Union of Concerned Scientists (UCS) ustalił, że 2666 operacyjnych satelitów krążyło wokół globu w kwietniu 2020 roku.

Euroconsult szacuje, że w nadchodzącej dekadzie co roku zostanie wystrzelonych 990 satelitów. Oznacza to, że do 2028 r. Na orbicie może znajdować się 15 000 satelitów.



Obecnie satelity okrążające Ziemię są wykorzystywane do przesyłania sygnałów telewizyjnych i telefonicznych oraz do monitorowania pogody i klimatu.

Szereg satelitów zwany Globalnym Systemem Pozycjonowania (GPS) jest używany do nawigacji w samochodach, łodziach, samolotach, a nawet podczas wędrówek.



GPS czyli Global Positioning System

- **składa się z 31 satelitów,**
- **jest utrzymywany i zarządzany przez Departament Obrony USA,**
- **jest darmowy**
- **potrzebuje najprostszego odbiornika, aby działać (np. telefon, zegarek),**
- **dokładność systemu wynosi standardowo kilka metrów.**

Europejską alternatywą systemu GPS jest Galileo.

Pomysł stworzenia europejskiego systemu wziął się z nieufności do pozostałych istniejących systemów, rosyjskiego i amerykańskiego, które w każdej chwili mogą być wyłączone przez rząd danego kraju. System rozpoczął swoje działanie w 2016 roku i wciąż się rozbudowuje.

- **jest systemem cywilnym,**
- **składa się z 30 satelitów,**
- **posiada dwie wersje – bezpłatną i płatną,**
- **ma mieć mniejszy promień błędu niż inne systemy – ok. 1 m na otwartej częstotliwości i ok. 10 cm na częstotliwości płatnej,**
- **będzie informować o wszystkich błędach i nieprawidłowościach systemu,**
- **nadzór nad rozwojem operacyjnym i technicznym systemu zostanie przekazany w ręce prywatne na zasadzie partnerstwa publiczno – prywatnego,**
- **ma mieć ogólnoswiatowy zasięg.**

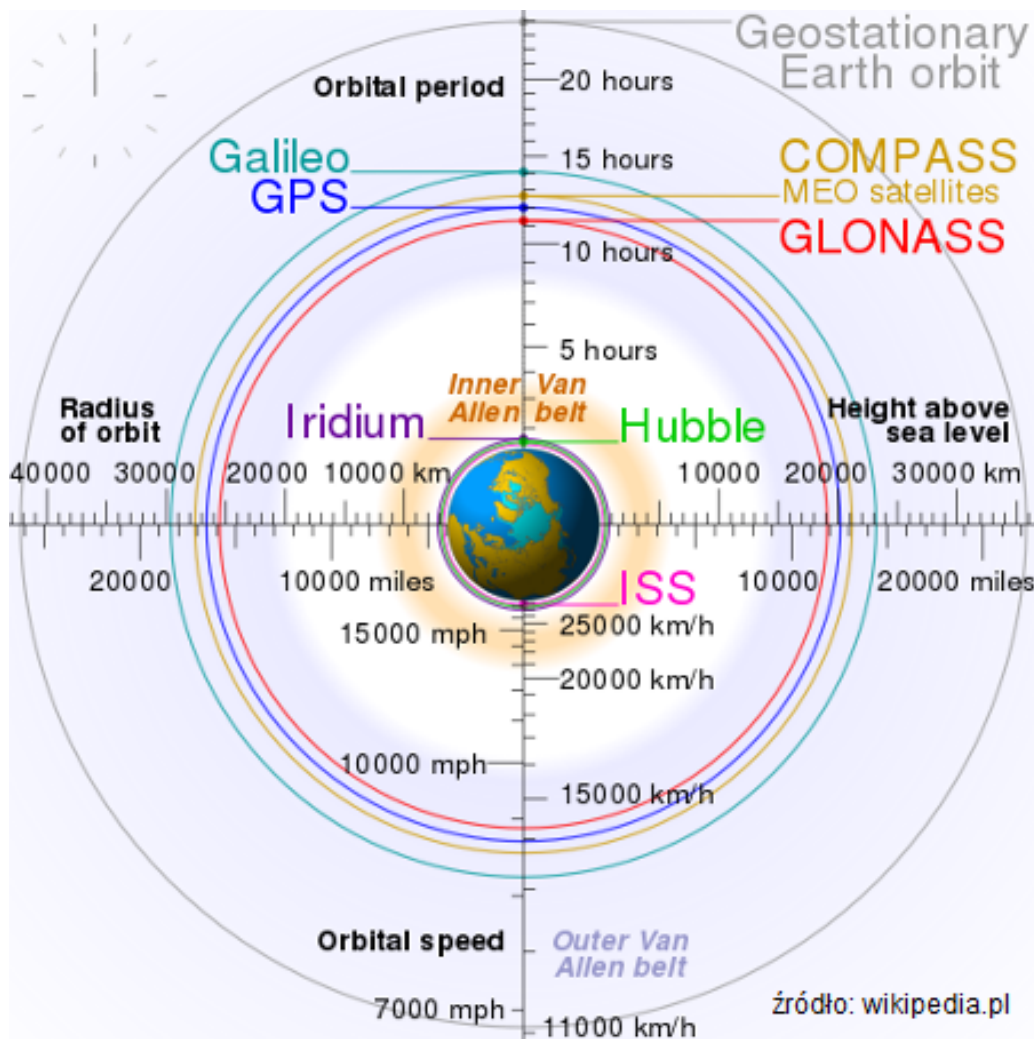
GLONASS:

- **jest zarządzany przez Wojska Kosmiczne Federacji Rosyjskiej,**
- **korzysta z 31 satelitów,**
- **każdy satelita emituje sygnał o innej częstotliwości,**
- **ma ogólnoswiatowy zasięg,**
- **dla cywilnych odbiorców dostępny jest zasięg z dokładnością do 30 m.**

Beidou:

- **System chiński**
- **obecnie składa się z 30 satelitów,**
- **dokładność będzie wynosiła 10 m,**

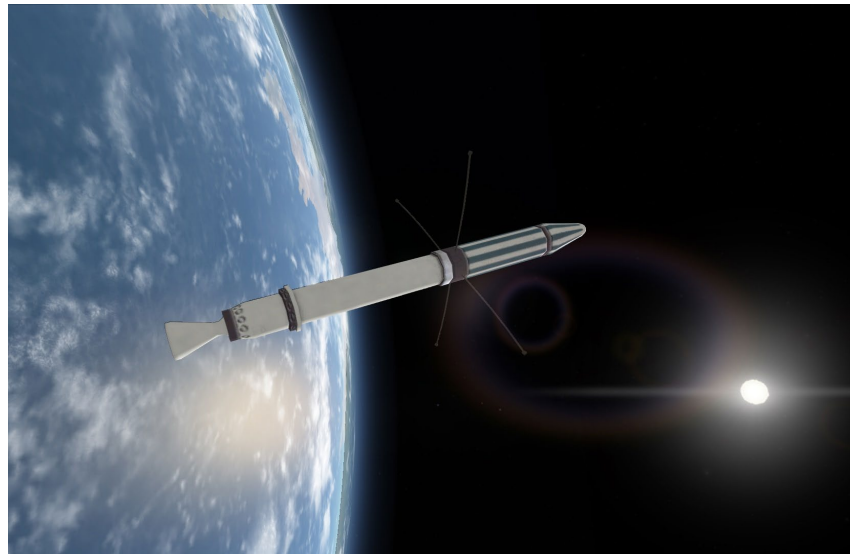
Orbity satelitów GPS, GLONASS, Galileo i Beidou oraz orbity innych obiektów.

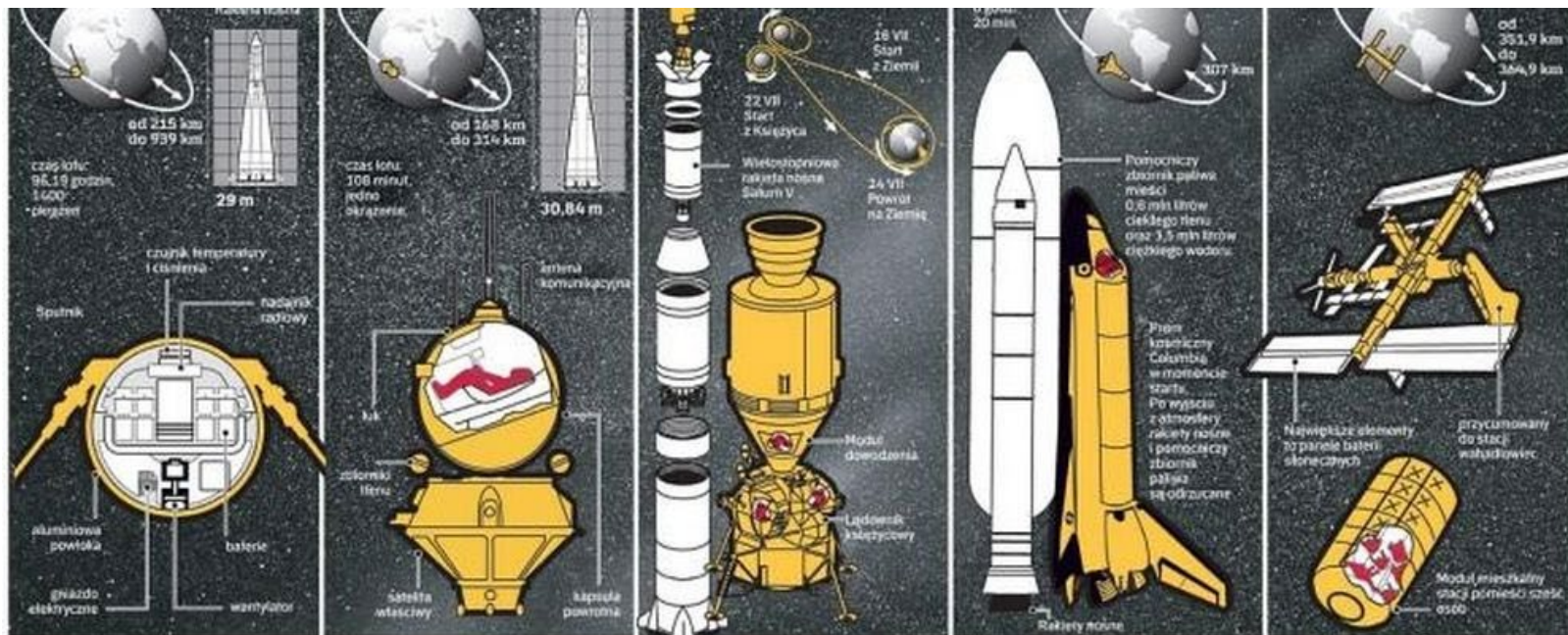


EKSPLOKACJA UKŁADU SŁONECZNEGO

W 1958 roku Kongres USA powołał National Aeronautics and Space Administration (NASA), która nadzoruje wszystkie amerykańskie misje kosmiczne, w tym teleskopy kosmiczne.

W tym samym roku powstała NASA, wystrzeliła Explorer 1. Okrążał Ziemię 58 000 razy, zanim spłonął w ziemskiej atmosferze w 1970 roku.





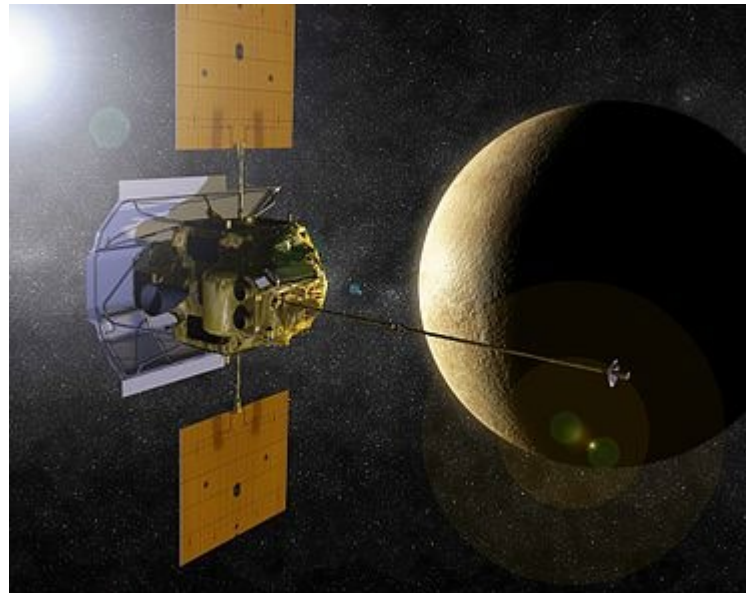
4 października 1957	3 listopada 1957	31 stycznia 1958	12 kwietnia 1961	5 maja 1961	6 sierpnia 1961	16 czerwca 1963	16 lipca 1969	19 kwietnia 1971	3 marca 1972	27 czerwca 1978	12 kwietnia 1981	28 stycznia 1986	1998	28 kwietnia 2001	4 i 25 stycznia 2004
Pierwszy i jedyny satelita Sputnik	Pierwszy człowiek w kosmosie głaz Łajka	Pierwszy amerykański próbnik Explorer 1	Pierwszy człowiek w kosmosie Juri Gagarin na pokładzie satelity Wostok 1 przebywałna orbicie 1 godzinę i 48 minut	Pierwszy Amerykanin w kosmosie Alan Shepard na pokładzie pojazdu Freedom 7 osiągnął suborbitalną wysokość 135 km od powierzchni Ziemi	Pierwszy suborbitalny próbnik w kosmosie Herman Titow	Pierwszy człowiek w kosmosie Walerija Tereszczakowa na pokładzie satelity Wostok 6	Apollo 11 . Pierwszy statek, który wyładował (28 lipca) i powrócił z Księżyca na Ziemię. Neil Armstrong, pierwszy człowiek zstąpił na Księżyc.	Salek pierwszy statek, który wyładował, wyniesiono na orbitę	Pierwszy człowiek w kosmosie wyślana goła Uład Słoneczny	Pierwszy Polak w kosmosie Sobyszewski wraz z Florianem ekspluozem na pokładzie statku Soyuz 38 w ramach programu Interkosmos	Pierwszy start gromu kosmicznego wielozobrowego wylotu Columbia	Pierwszy Challenger uległ katastrofie przy starcie	Rozpoczął budowę Międzynarodowej Stacji Kosmicznej	Stratol Titan stał się pierwszym turystycznym, który odwiedził Wędrowno dławą Stację Kosmiczną i pozostał na niej przez siedem dni	na Marsie Opportunity i Curiosity stały się pierwszymi autonomicznymi robotami

Mija pół wieku badań kosmicznych. Początkowo była to rywalizacja supermocarstw, dzisiaj jest to współpraca wielu krajów, wśród nich jest także Polska

Sonda kosmiczna to statek kosmiczny bez załogi wysłany z Ziemi w celu zbadania obiektów w kosmosie.

Sondy kosmiczne to roboty, które działają automatycznie lub zdalnie, robią zdjęcia i zbierają dane.

Sondy są tańsze w budowie niż statki kosmiczne z załogą i mogą odbywać podróże, które byłyby zbyt długie lub zbyt niebezpieczne dla ludzi.



W 1961 roku pierwszy człowiek - astronauta z byłego Związku Radzieckiego - został wyniesiony na orbitę Ziemi, a wkrótce potem pierwszy amerykański astronauta, który okrążył Ziemię.

W 1961 roku prezydent USA John F. Kennedy wezwał Amerykanów do umieszczenia osoby na Księżycu do końca dekady.

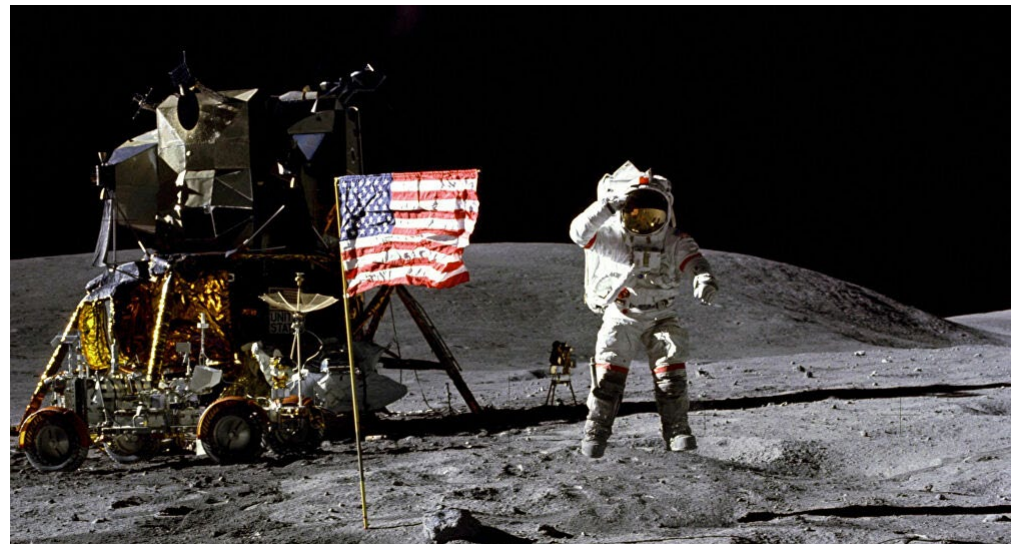


Projekt Apollo to seria misji kosmicznych, których celem było wysłanie ludzi na Księżyc.

W 1969 roku Neil Armstrong i Buzz Aldrin, astronauta Apollo 11, byli pierwszymi ludźmi, którzy chodzili po Księżycu.



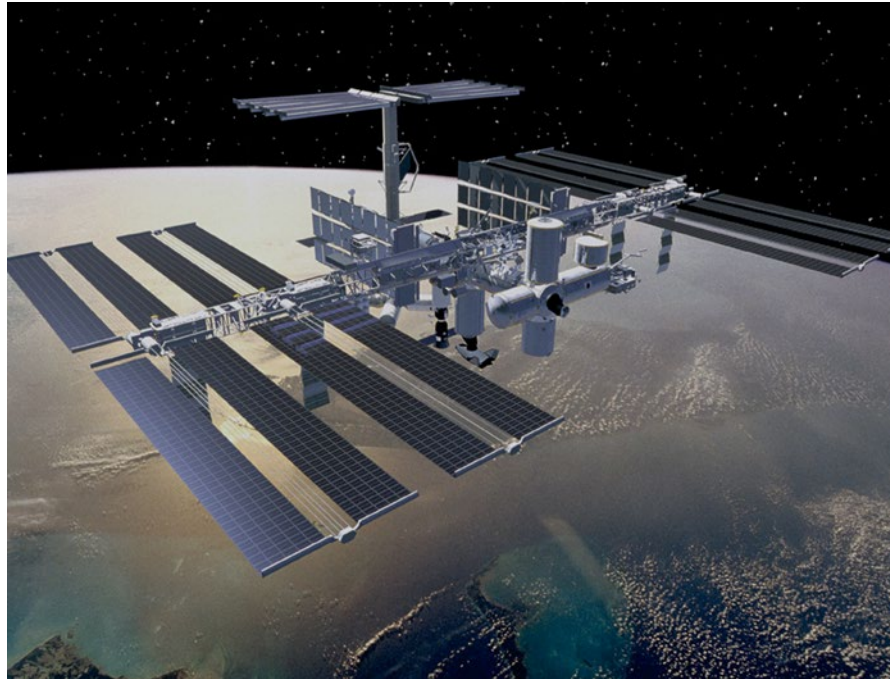
Na księżycu



Promy kosmiczne to statki kosmiczne wielokrotnego użytku, które transportują ludzi i materiały do i z kosmosu.



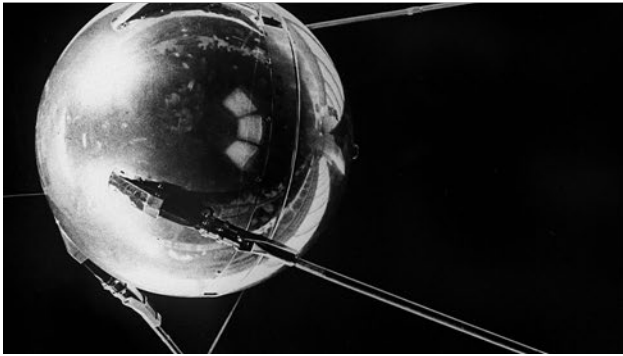
Międzynarodowa Stacja Kosmiczna (ISS) to orbitujące wokół Ziemi laboratorium badawcze, w którym pracują i mieszkają astronauta z wielu krajów.



Międzynarodowa Stacja Kosmiczna (ISS) - Historia powstania

Idea powstania stacji kosmicznej sięga lat 60-tych ubiegłego wieku i jest bezpośrednim skutkiem trwającej w tamtym okresie tak zwanej „zimnej wojny”.

Napięcie rosło ZSRR rywalizował ze Stanami Zjednoczonymi na każdym kroku w tym także o „podbój kosmosu”. Choć ZSRR było w stanie jako pierwsze wysłać swojego człowieka w przestrzeń kosmiczną to jednak wyścig został wygrany przez Amerykanów. To oni jako pierwsi wysłali człowieka na księżyc.



Program Salut (~Ałmaz)

Aby móc dalej konkurować Związek Radziecki musiał dokonać czegoś więcej, stąd pomysł żeby wysłać człowieka w kosmos na dłużej niż kiedykolwiek przedtem. Chcieli sprawdzić jak długotrwałe przebywanie w tak trudnych warunkach wpłynie na organizm człowieka. To dało początek programowi Salut. Mając określony cel, ZSRR postanowiło wysłać nie tylko człowieka ale również laboratorium, w którym kosmonauci mogli przeprowadzać badania. Salut-1 posiadał 3 osobową załogę, sterownię i kwatery mieszkalne. Ich zadaniem było spędzenie 3 tygodni na orbicie okołoziemskiej.

Plany pierwszej stacji kosmicznej powstały już w 1964 roku w ramach ściśle tajnego wojskowego programu kosmicznego znanego jako Ałmaz (Diamant). Trzy lata później projekt został przyjęty do realizacji.



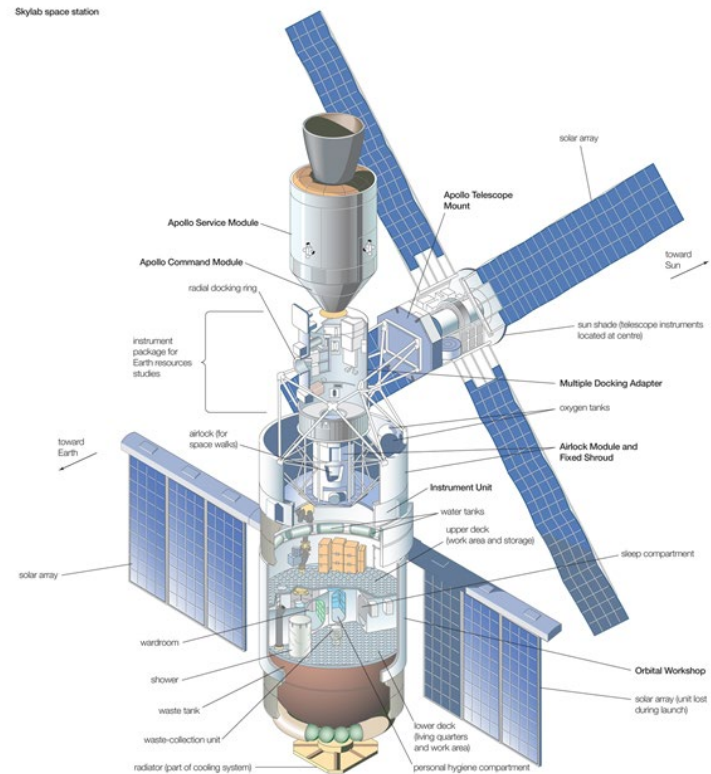
Skylab

Amerykanie próbując pobić dokonania swoich wrogów założyli swój własny program kosmiczny o nazwie Skylab. Tak jak w przypadku Salut, Amerykanie również wysłali 3 osobową załogę. Ich celem było nie tylko przebywanie w przestrzeni dłużej jak 3 tygodnie ale również monitorowanie wyników badań oraz funkcji życiowych w czasie rzeczywistym na ziemi. Było to niezwykle trudne biorąc pod uwagę tamtejsze możliwości techniczne (brak satelitów telekomunikacyjnych). Fale radiowe mogą przemieszczać się tylko po linii prostej co zmusiło naukowców do opracowania nowych sposobów stałej komunikacji ze stacją kosmiczną.



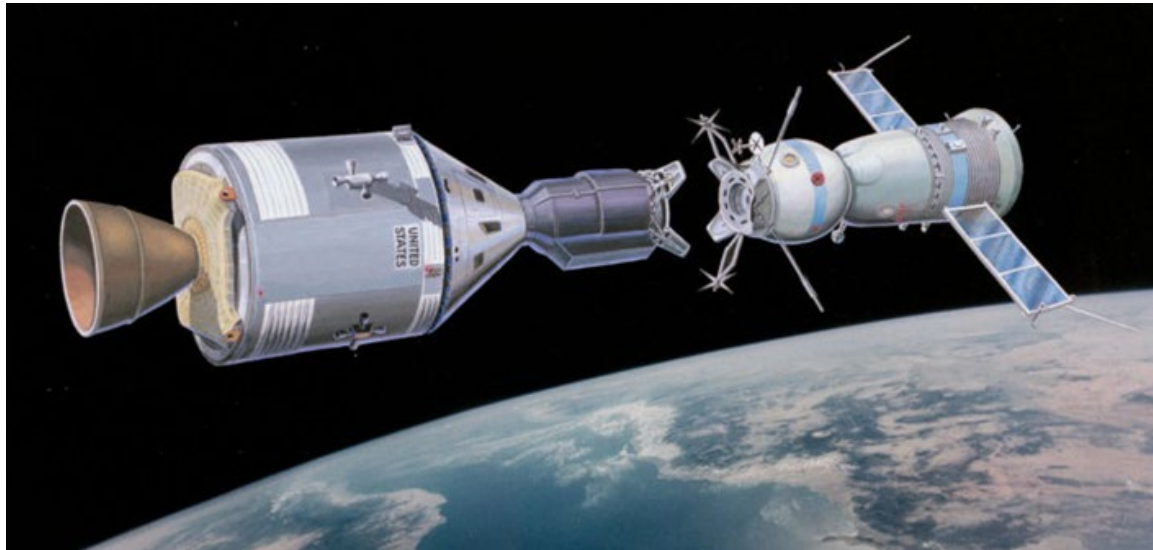
Skylab

Astronauci spędzili w przestrzeni kosmicznej 84 dni i udowodnili że ludzkie ciało jest w stanie wytrzymać w kosmosie tak długi okres czasu lecz, żeby tego dokonać niezbędne jest ściśle przestrzeganie programu treningowego (2,5 godzin każdego dnia w celu utrzymania prawidłowego funkcjonowania mięśni w 0G).



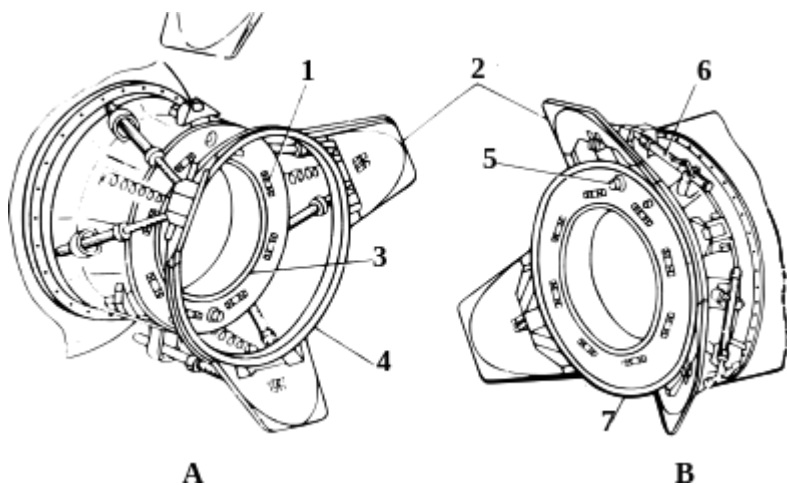
Apollo - Sojuz

Kolejnym krokiem przybliżającym ludzkość do budowy Międzynarodowej Stacji Kosmicznej jest współpraca dwóch zaprzysiężonych wrogów. Stany Zjednoczone Ameryki połączyły siły ze Związkiem Radzieckim i razem stworzyli program Apollo-Sojuz. Planem było jednoczesne wystrozenie Sojuza przez ZSRR z kosmodromu znajdującego się w miejscowości Bajkonur oraz Apollo wystrozonego przez USA z Cape Canaveral. Oba statki miały spotkać się na orbicie na wysokości 220 km i tam połączyć się ze sobą tworząc pierwszą międzynarodową stację kosmiczną.



Apollo - Sojuz

W tym miejscu pojawił się duży problem. Oba pojazdy były budowane w czasie zimnej wojny, owiane tajemnicą i pilnie strzeżone przez co nie były ze sobą kompatybilne. W dodatku oba statki posiadały inne ciśnienie powietrza w środku (Rosjanie mieli ciśnienie atmosferyczne a Amerykanie czysty tlen o znacznie mniejszym ciśnieniu), co w wyniku wymieszania mogło stanowić bezpośrednie zagrożenie życia dla kosmonautów. Podobne zjawisko można zaobserwować u nurków głębinowych. Aby umożliwić amerykańskim astronautom kontakt z kosmonautami ze związku radzieckiego, statki połączono za pomocą komory dekompresyjnej. Amerykanie weszli do środka, przesiedzieli 3 godziny, to ustabilizowało ich ciśnienie oraz umożliwiło bezpośredni kontakt z Rosjanami.

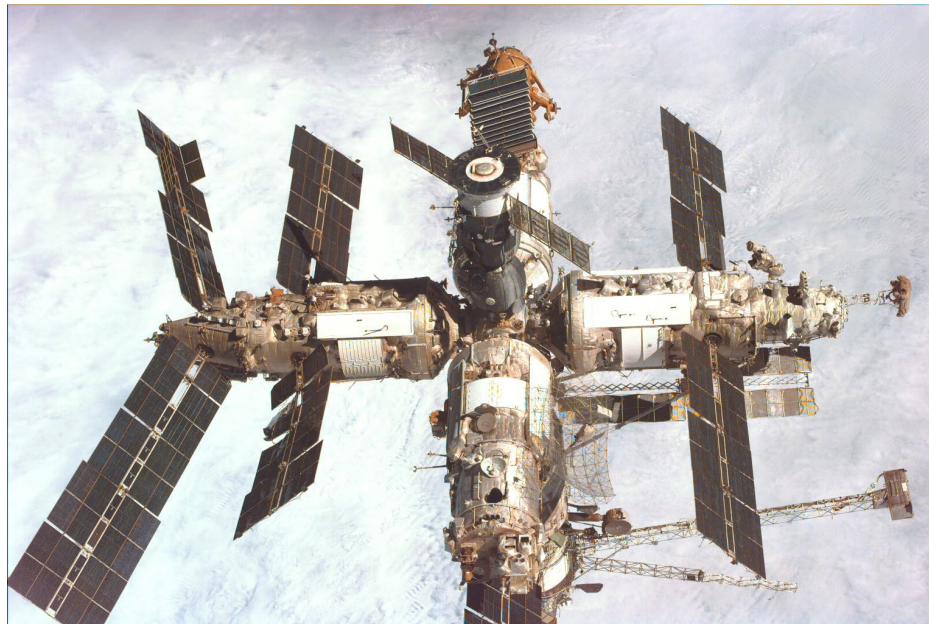


A – wersja radziecka, B – wersja amerykańska,

1 – Zapadki, 2 – Występy naprowadzające, 3 – Powierzchnia zetknięcia ruchomych pierścieni, 4 – Pierścień ruchomy w połączeniu aktywnym, 5 – Zamki, 6 – Wysuwane pręty napędu pierścieni, 7 – Pierścień ruchomy w połączeniu biernym (transportowym)

Mir

Ostatnim krokiem poprzedzającym ISS była Rosyjska stacja orbitalna Mir składająca się z 6 niezależnych modułów. Moduły były wystrzeliwane po kolei w przestrzeń kosmiczną i tam montowane ze sobą. Pierwszy raz w historii kosmonauci byli w otwartej przestrzeni kosmicznej. Wymagało to zaprojektowanie specjalnych kombinezonów umożliwiającym przebywanie oraz pracę w kosmosie.



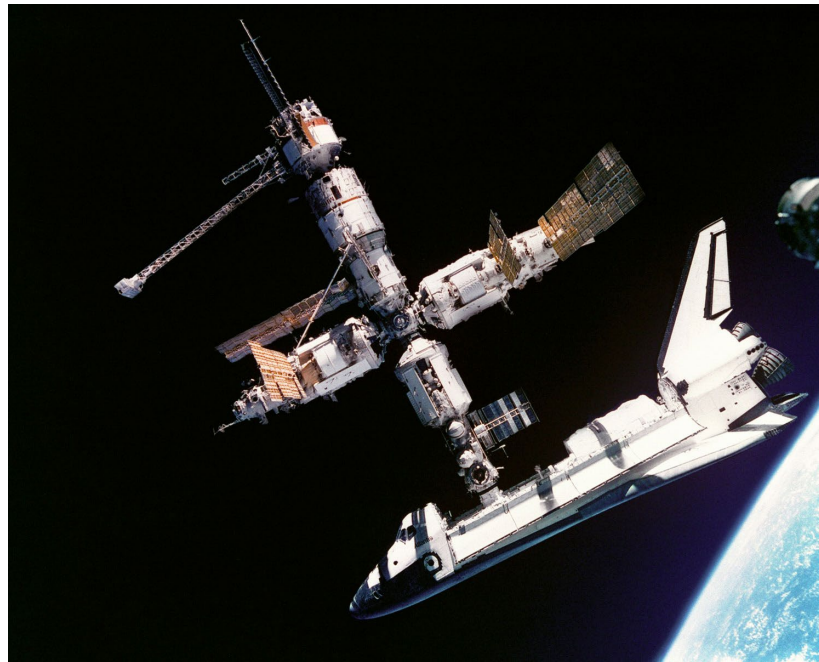
Międzynarodowa Stacja Kosmiczna (ISS)

Pierwsza stacja kosmiczna wybudowana z założenia przy współudziale wielu krajów. Składa się z 16 głównych modułów (docelowo ma ich liczyć 17) i umożliwia jednoczesne przebywanie sześciu członków stałej załogi. Pierwsze moduły stacji zostały wyniesione na orbitę i połączone ze sobą w 1998 roku. Pierwsza stała załoga zamieszkała na niej w roku 2000. Stacja orbituje na wysokości 400 km

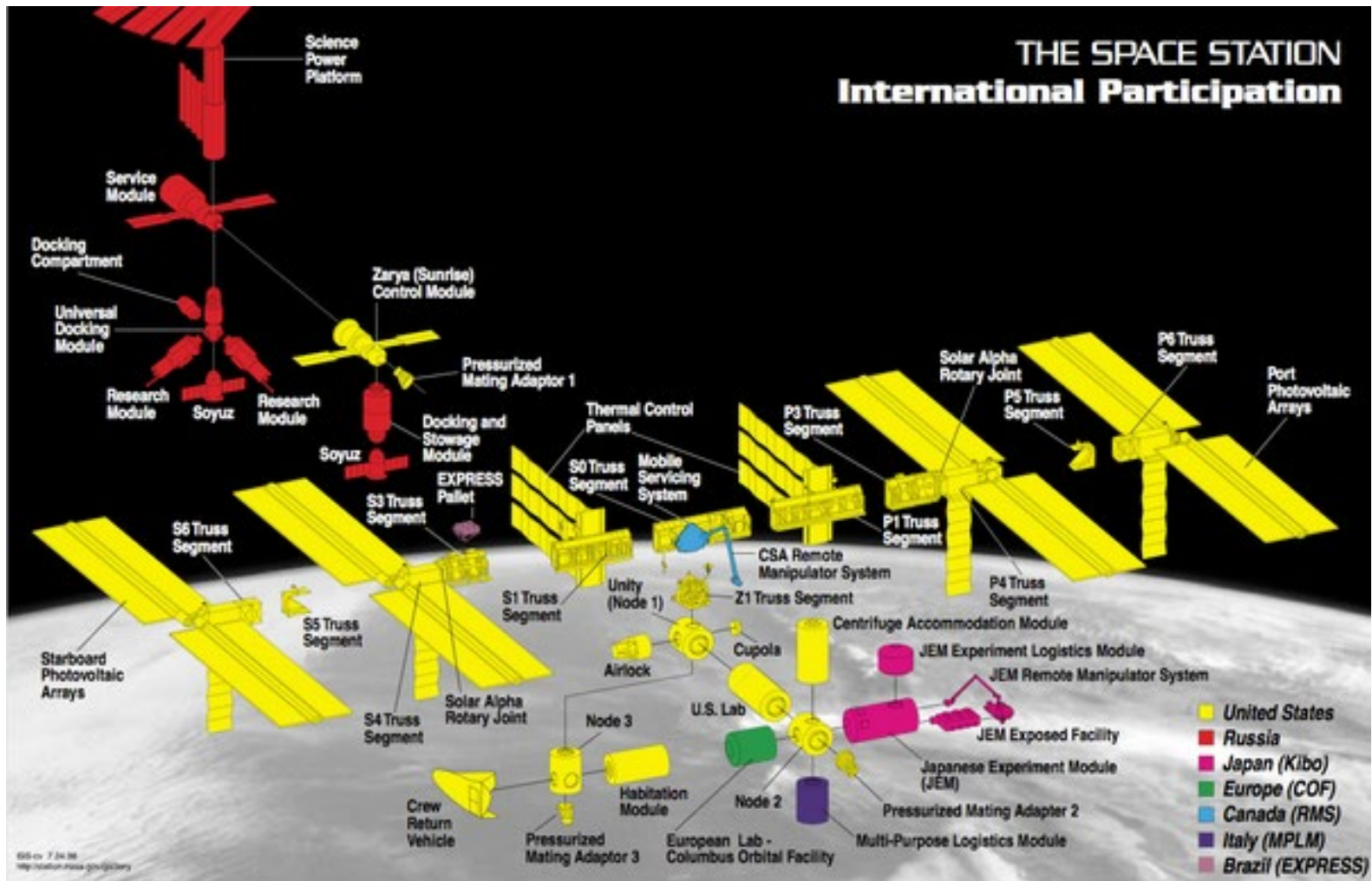


Międzynarodowa Stacja Kosmiczna (ISS)

Międzynarodowa Stacja Kosmiczna powstała w wyniku połączenia projektów budowy rosyjskiej stacji Mir-2, amerykańskiej Freedom oraz europejskiej Columbus. Miały one na celu spełnienie marzenia o stałym pobycie ludzi w kosmosie. Pierwotnie stacja miała nazywać się Alfa, jednak sprzeciwiła się temu strona rosyjska, twierdząc, że pierwszy był radziecki Salut 1 z 1971 roku. W zamian zaproponowała nazwę „Atlant”, co z kolei nie spodobało się Amerykanom ze względu na zbytnie podobieństwo do zatopionej w morzu Atlantydy. Wobec braku innych pomysłów Międzynarodowa Stacja Kosmiczna do dziś nie posiada własnego imienia.



Międzynarodowa Stacja Kosmiczna (ISS)



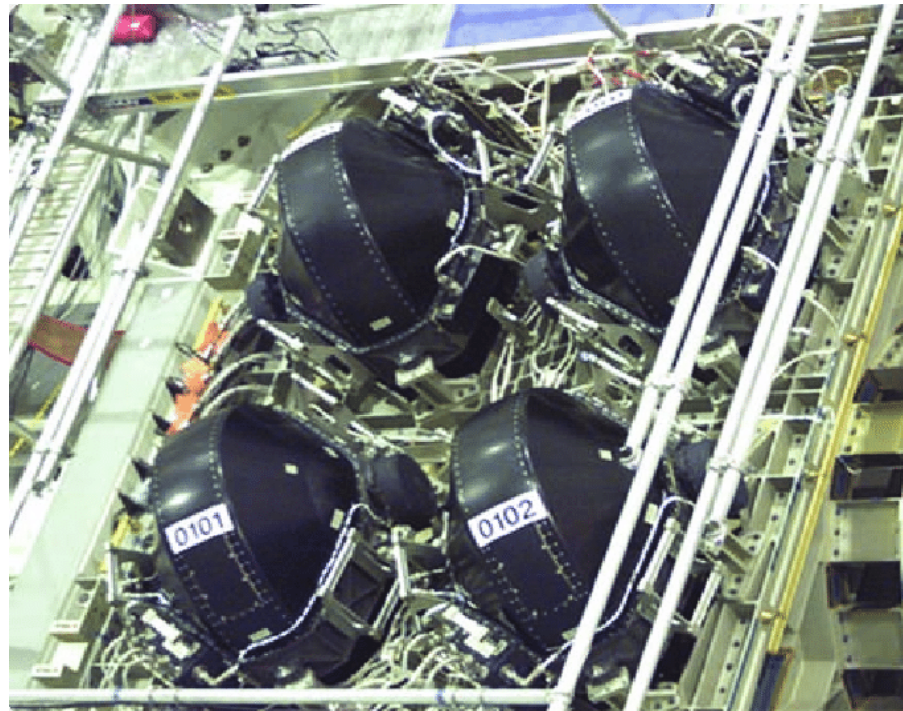
Międzynarodowa Stacja Kosmiczna (ISS)

- Stacja zasilana jest w pełni przez energię słoneczną.
- Panele słoneczne składają się z 262 400 ogniw słonecznych a ich powierzchnia wynosi ok. 2500 m²
- Długość każdego segmentu to 73 metry.
- System zasilający stację kosmiczną składa się z 12.9 km kabli.
- Solary są w stanie wyprodukować od 84-120 kW.



Międzynarodowa Stacja Kosmiczna (ISS)

Ponieważ prąd na stacji generowany jest za pomocą paneli słonecznych, ważne jest aby były one cały czas zwrócone w odpowiednią stronę. Sterowanie stacją odbywa się za pomocą 4 kół żyroskopowych, które kontrolują kąt nachylenia stacji w przestrzeni kosmicznej.



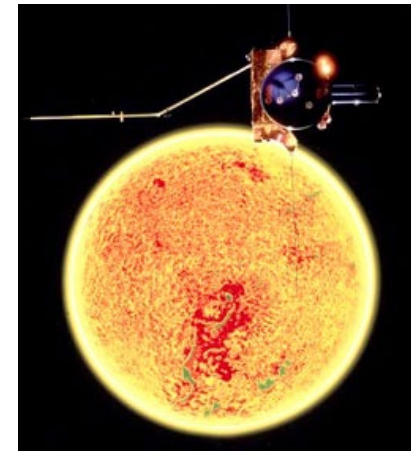
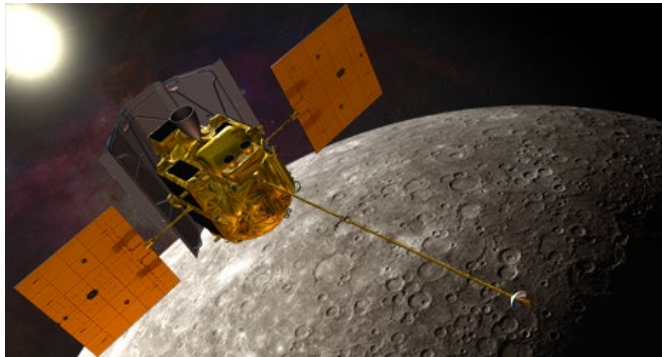
Międzynarodowa Stacja Kosmiczna (ISS)

Jak zaprojektować super stacje?

Preliminary integrated analysis for modeling and optimizing space stations at conceptual level



Naukowcy badają dane zebrane przez sondy słoneczne, takie jak *Ulysses*, aby lepiej zrozumieć wysokoenergetyczne promieniowanie Słońca i naładowane cząstki, które mogą szkodzić astronautom i uszkadzać statki kosmiczne.

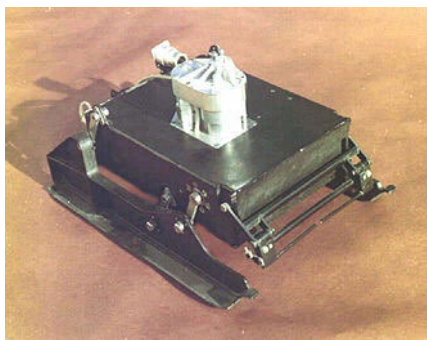


NASA i inne agencje kosmiczne planują również wysłać kilka sond na Księżyc w celu zebrania danych, które pomogą naukowcom wybrać najlepszą lokalizację dla przyszłej placówki księżycowej.

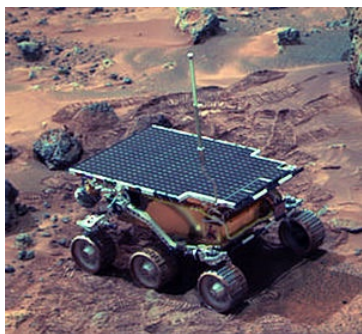
Naukowcy wysłali wiele sond, takich jak Messenger, na planety wewnętrzne, aby dowiedzieć się, jak powstały, jakie siły geologiczne są na nich aktywne i czy którakolwiek z nich może podtrzymywać życie

Misje na zewnętrzne planety - Jowisza, Saturna, Urana i Neptuna - są długie i trudne, ponieważ planety są daleko od Ziemi.

Pierwszymi celami podróży kosmicznych ludzi są Księżyc i Mars.



PrOP-M 1971 r.



Sojourner 1997 r.



Spirit i Opportunity
2004 r.



Curiosity 2012 r.



Perseverance i Ingenuity 2021 r

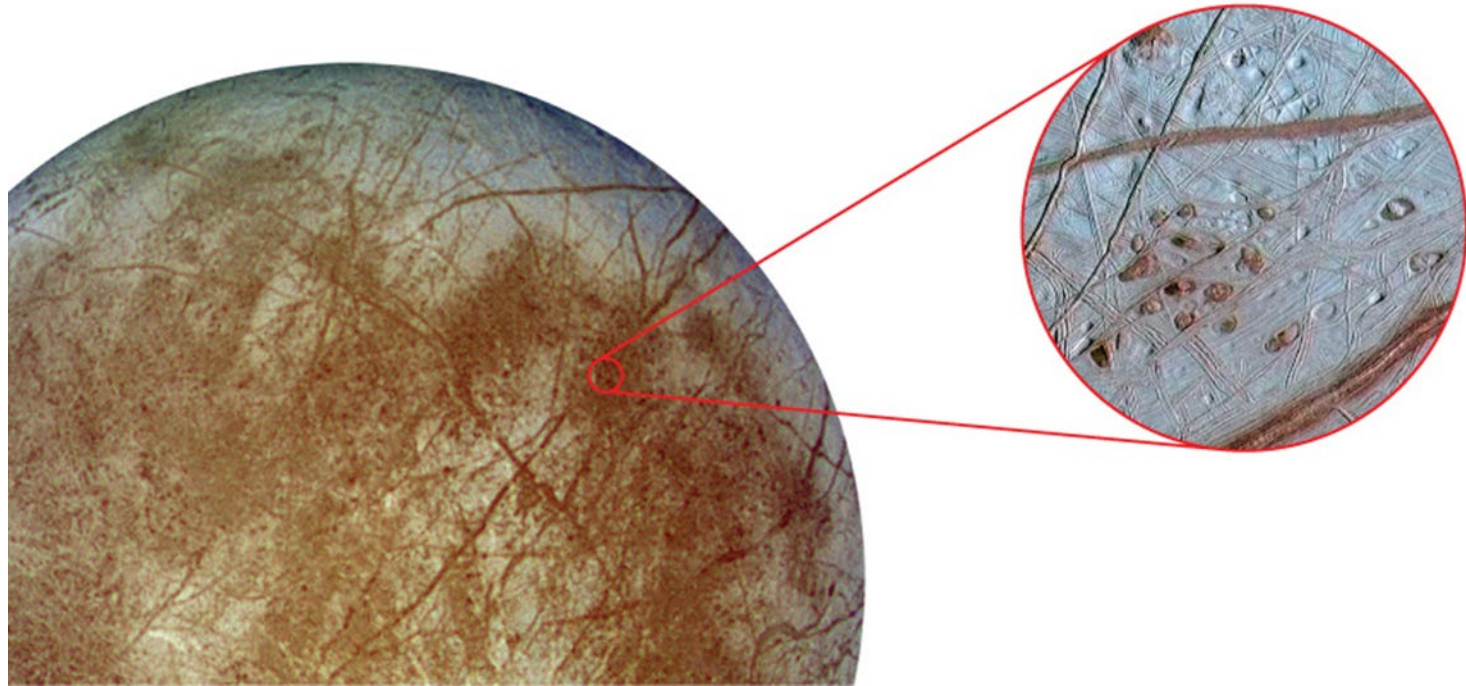
Nikt nie wie, czy życie istnieje poza Ziemią, ale ludzie od dawna myśleli o takiej możliwości.

Astrobiologia to nauka o życiu we wszechświecie, w tym o życiu na Ziemi i możliwościach życia pozaziemskiego.

Naukowcy zakładają, że gdyby życie istniało gdzie indziej w kosmosie, miałyby takie same wymagania jak życie na Ziemi: woda w stanie ciekłym, cząsteczki organiczne i jakieś źródło energii.



Ciemne plamy na wstawionym zdjęciu księżycy Jowisza, Europa, mogą przedstawiać obszary, w których woda z podziemnego oceanu przedostała się na powierzchnię.



Informacje zebrane w kosmosie pomagają naukowcom zrozumieć, jak Słońce i inne ciała w Układzie Słonecznym wpływają na Ziemię, jak powstała Ziemia i jak Ziemia wspiera życie.

Aby szukać planet podobnych do Ziemi, NASA uruchomiła teleskop Keplera, który skupia się na pojedynczym obszarze nieba zawierającym około 100 000 gwiazd.

Satelity krążące wokół Ziemi dostarczają wielkoskalowych obrazów powierzchni Ziemi, które pomagają naukowcom zrozumieć klimat i pogodę na Ziemi.

CUBESAT

CubeSaty wlicza się do nanosatelitów ale muszą one spełniać szereg określonych kryteriów taki jak kształt rozmiar i masa

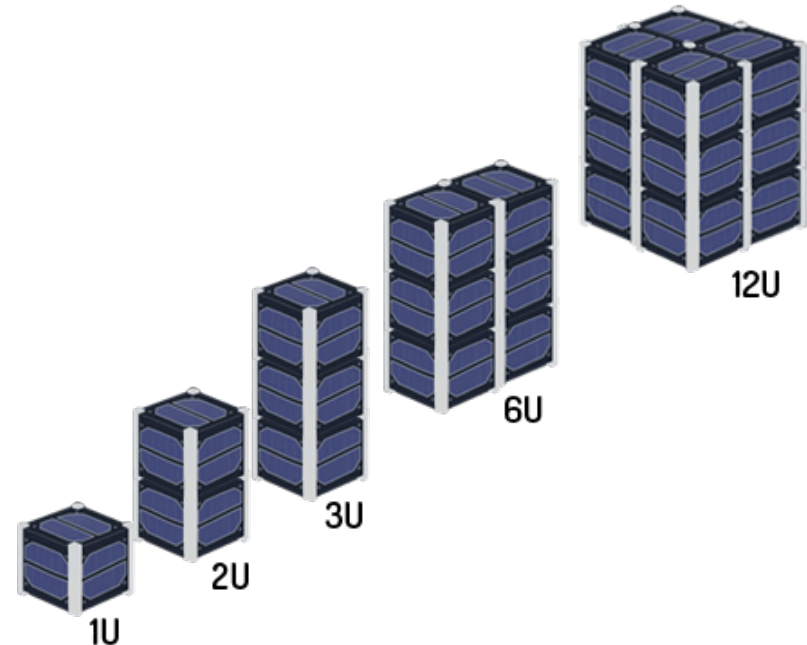
Podstawowa wielkość CubeSata to sześcian o wymiarach 10x10x10 cm o masie 1 do 1,33 kg

Jeden taki sześcian to 1 U – satelita może składać się z wielokrotnej ich liczbie np. 2U, 3U, 6U itd.



10x10x10 cm
Dimensions of a CubeSat

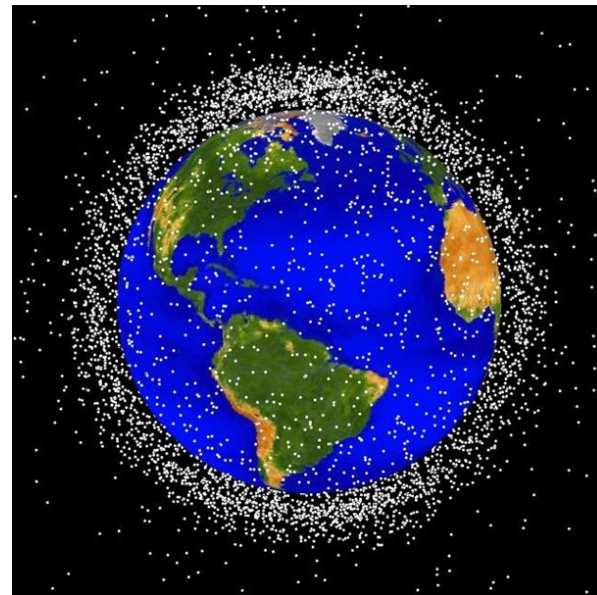
1.3 kg
Mass of a CubeSat



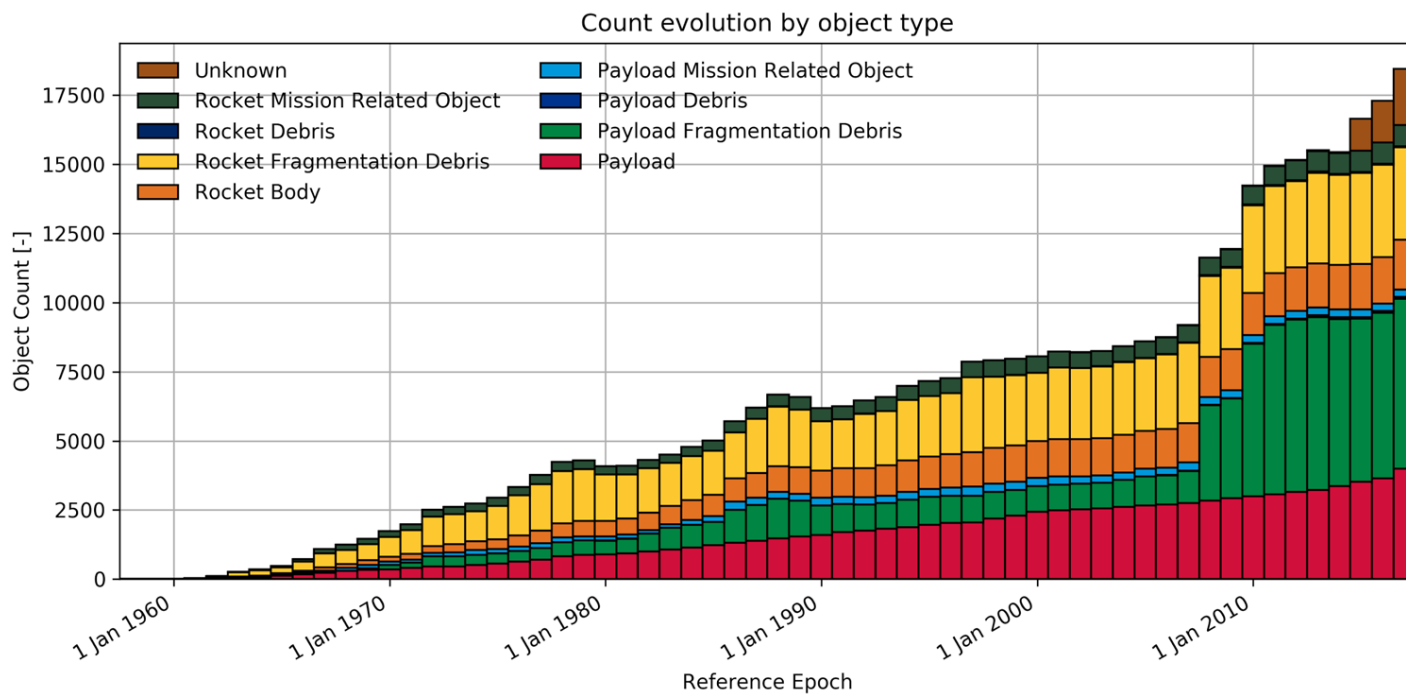
KOSMICZNE ŚMIECI

Kosmiczne śmieci (ang. *space debris*) to zbiór wszystkich нефункционujących obiektów wytworzonych przez człowieka, które pozostają na orbicie okołoziemskiej.

Są to m.in.: zużyte człony rakiet wielostopniowych, nieczynne satelity, fragmenty powstałe w wyniku kolizji lub eksplozji satelitów lub rakiet



Małe śmieci (< 1 cm) → 166 mln
 Średnie śmieci (1 cm - 10 cm) → 750 tys.
 Duże śmieci (> 10 cm) → 29 tys.
 Szacunkowa masa → 7500 ton
 (Dane na 2017 r.)



Eskplozje

Głównym, nieprzewidzianym źródłem szczątków w kosmosie są eksplozje zbiorników z paliwem w opuszczonych satelitach.

Szacuje się, że w ten sposób powstało ponad 750 tys. fragmentów > 1 cm

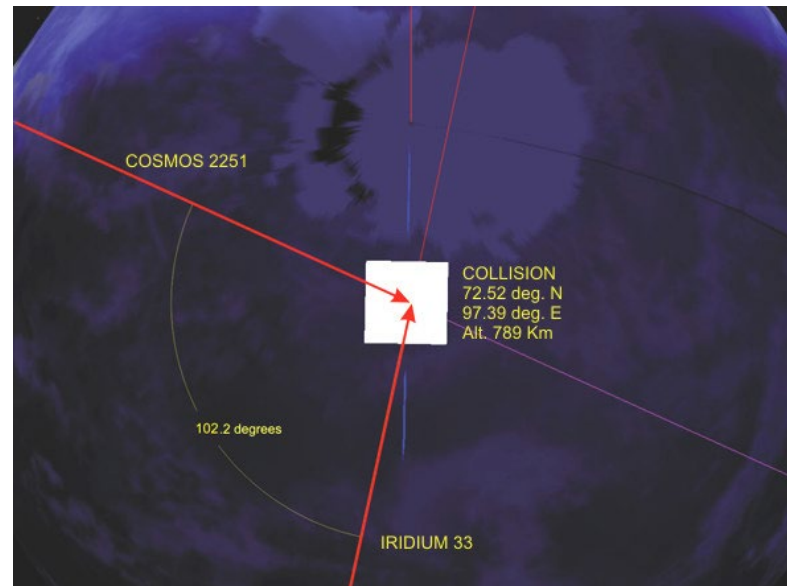


Zderzenia

Nieużywany satelita Cosmos 2251 (950 kg) zderzył się z operacyjnym satelitą Iridium 33 (566 kg) w 2009 r.

Do zdarzenia doszło na wysokości 789 km i wypadkowa prędkość obu satelitów wyniosła 11,61 km/s

Skatalogowano ponad 2000 obiektów o wielkości > 10 cm powstałych w wyniku tego zdarzenia



Testy broni anty-satelitarnych

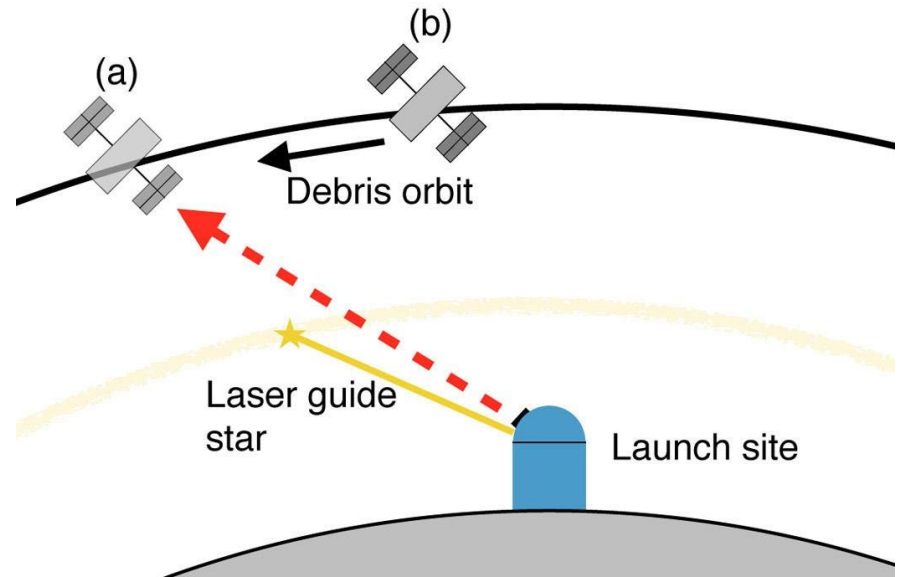
Najbardziej znany test to zestrzelenie chińskiego satelity pogodowego FY-1C na orbicie polarnej (865 km) w 2007 r.

Jedno to zdarzenie zwiększyło całkowitą liczbę śmieci na orbicie o 25%.



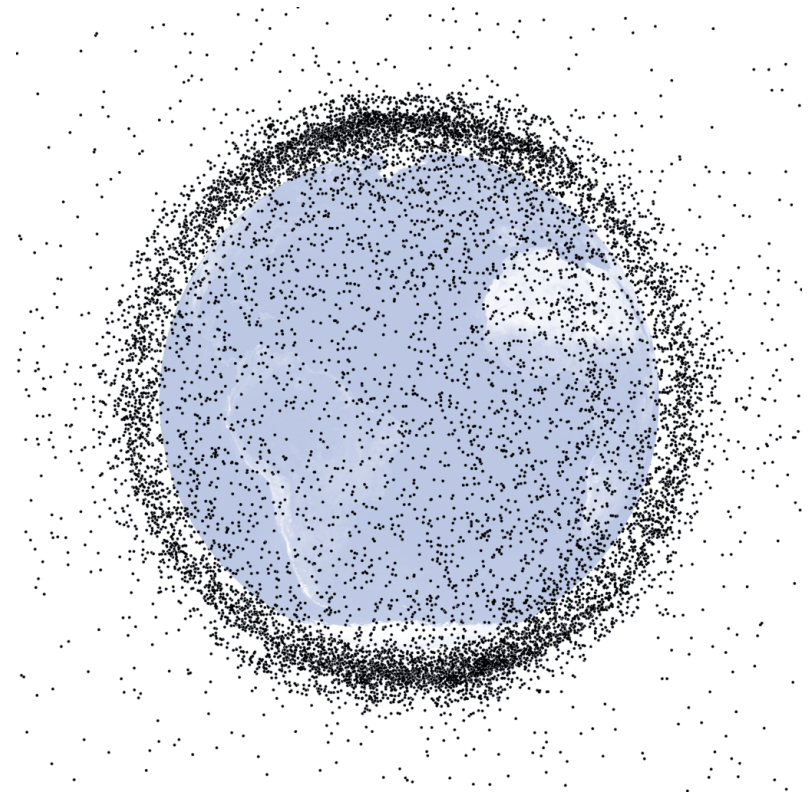
Śledzenie kosmicznych śmieci

- Śledzeniem zajmuje się Departament Obrony Stanów Zjednoczonych
- Techniczne możliwości pozwalają śledzić obiekty o średnicy:
 - > 5 cm dla LEO
 - > 1 m dla GEO
- Pozycja obiektu jest szacowana (ze względów bezpieczeństwa) do sześciangu o wymiarach (1,5 x 50 x 50 km)



Konsekwencje

- Reakcja łańcuchowa
- Produkcja śmieci szybsza niż ich spalanie w atmosferze
- Możliwa całkowita eliminacja lotów orbitalnych
- Obecnie istotnym zagrożeniem jest nieaktywny satelita Envisat.

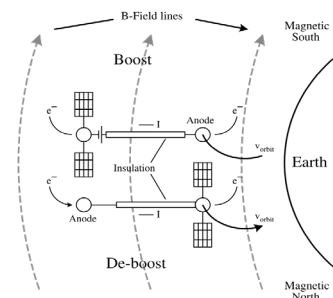
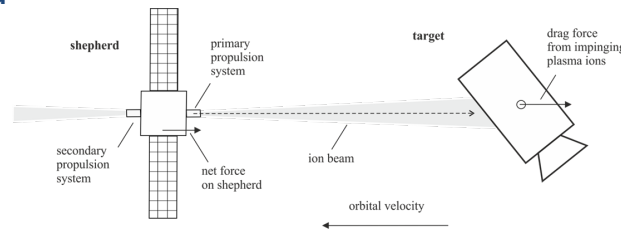


Rozwiązanie problemu

- Wszystkie satelity powinny być opróżnione z zalegającego paliwa
- Począwszy od roku 2003, Federalna Komisja Łączności Stanów Zjednoczonych nakazuje umieszczanie nieaktywnych satelitów geostacjonarnych na orbitach cmentarnych (około 300km ponad GEO)
- Satelity z LEO powinny być skierowane do atmosfery

Testowane/rozważane:

- Aktywne przechwytywanie
- Zamontowanie żagla słonecznego
- Wysyłanie wiązki laserowej z Ziemi
- Electrodynamic Tether
- Ion Beam Shepherd



DO USŁYSZENIA