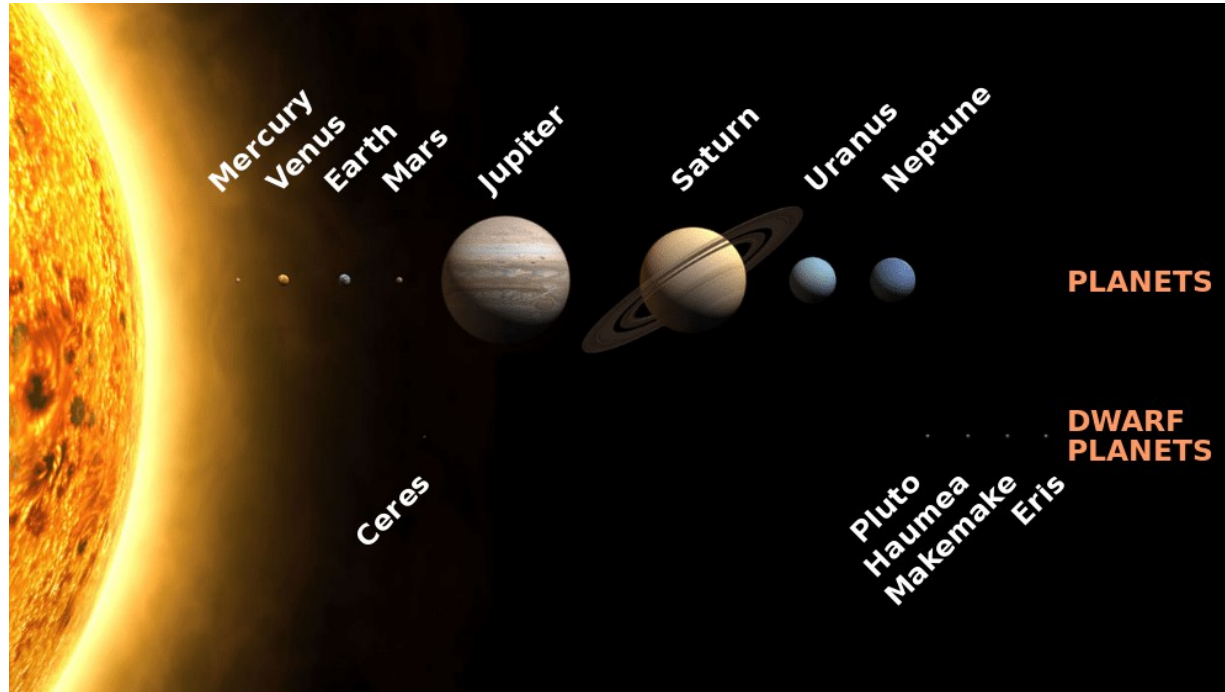


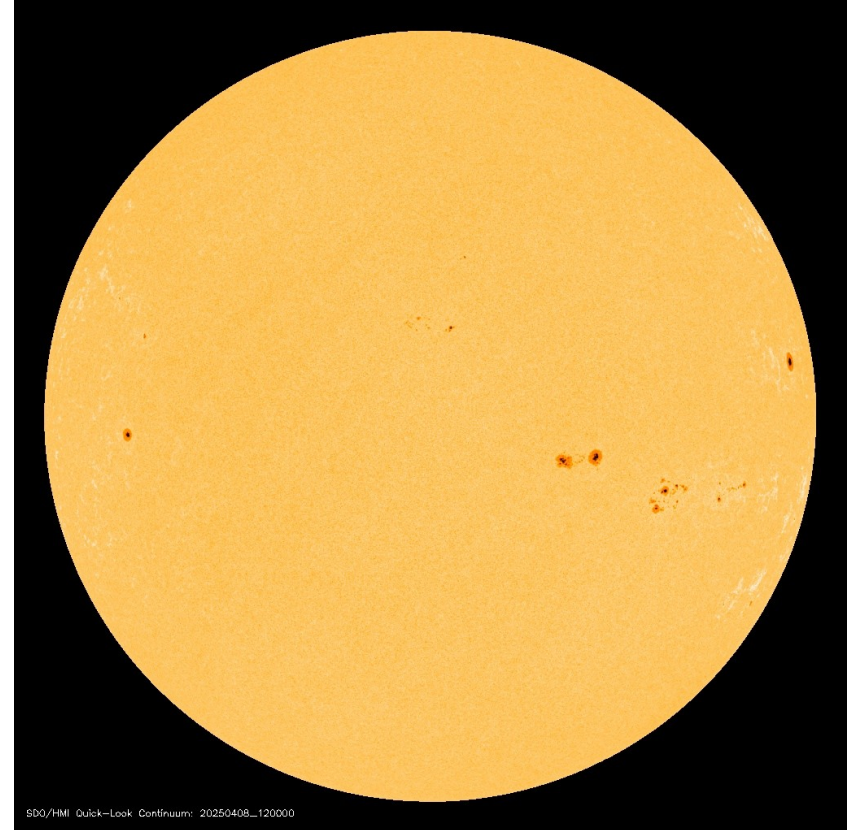
Aurinkokunta



Maailmankaikkeus nyt 2026

Aurinko

- Massa noin 2×10^{30} kg (333 000 x Maan, $1 M_{\odot}$)
 - 99.9 % kaikesta aurinkokunnan massasta
- Säde 696 000 km (109 x Maan, $1 R_{\odot}$)
- Pyörähdysaika noin kuukauden (riippuu mistä kohdasta mitataan)
- $\frac{3}{4}$ vetyä, $\frac{1}{4}$ heliumia, 1.5% raskaampia alkuaineita
 - Vastaa alkuaineiden runsautta koko universumissa
 - Jättiläisplaneetoilla samankaltainen koostumus
- Pintalämpötila n. 5800 K
- Ytimen lämpötila 15 miljoonaa astetta, ydinfuusio tuottaa energiaa noin teholla 3.8×10^{26} W ($1 L_{\odot}$, noin 7000 miljardia Hiroshiman pommia sekunnissa)
- ...lisää tähtien yhteydessä!



Maailmankaikkeus nyt 2026

Planeetat

- IAU:n määritelmä vuodelta 2006: planeetta on kappale joka
 - Kiertää Aurinkoa
 - On riittävän suuri, jotta painovoima on muovannut sen pyöreäksi (hydrostaattinen tasapaino)
 - On painovoimallaan puhdistanut kiertoratansa muista suurista kappaleista
- Kääpiöplaneetat (kuten Pluto) eivät täytä viimeistä ehtoa
- Suuret kuut ovat planeettojen kokoisia, mutta kiertävät planeettaa eivätkä suoraan Aurinkoa
 - Kuulle ei ole samanlaista tarkkaa määritelmää
 - Voisi puhua myös kaksois(kääpiö)planeetoista, esim Maa-Kuu tai Pluto-Kharon
 - Rajanveto (jos koetaan tarpeelliseksi) voisi perustua esim. siihen, onko systeemin massakeskipiste isomman kappaleen sisällä
- Kaikki lähes ympyräradoilla

Merkurius

- Säde 2440 km (0.38 x Maan)
- Massa 0.055 x Maan
- Etäisyys 0.39 AU
- Kiertoaika 88 vrk
- Pyörähdysaika 59 vrk
 - 2:3 suhde pyörähdysajan ja kiertoaajan välillä (vuorovesilukittuminen)
- Pintalämpötila 100-700 K
- Akselin kaltevuus 0.03°
- Kiertoradan eksentrisyys 0.21
 - Soikeampi kuin muilla planeetoilla
- Ei kuita



Maailmankaikkeus nyt 2026

Merkurius NASAn MESSENGER-luotaimen kuvaamana

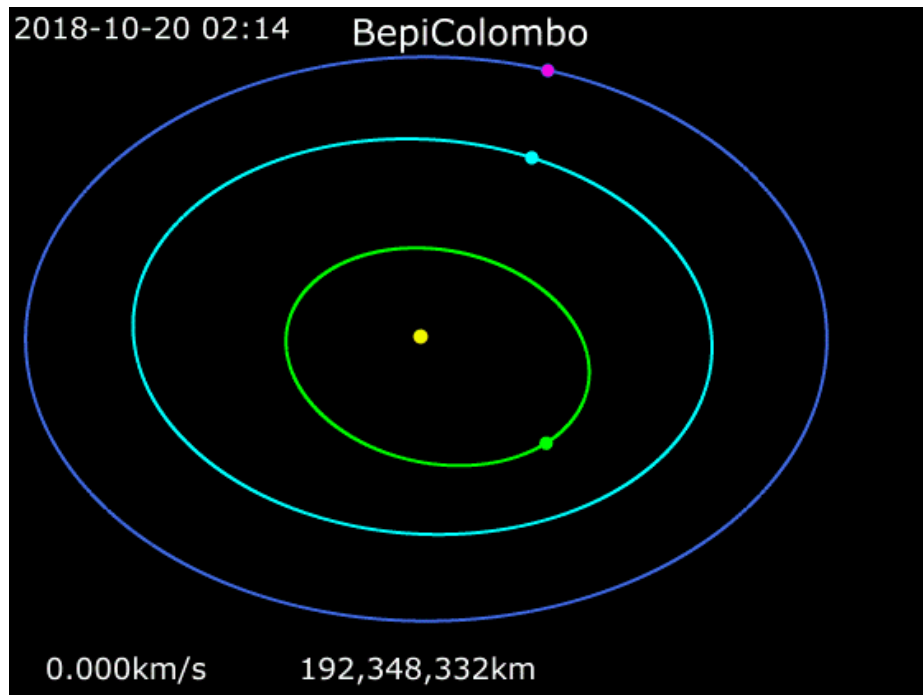
Merkurius

- Suuri rautaydin – Merkurius on tiheämpi kuin muut samankokoiset kappaleet (Maan jälkeen toiseksi tihein planeetta)
- Erittäin harva kaasukehä, saa alkunsa aurinkotuulen hiukkasista jotka pommittavat planeetan pintaa
- Heikko magneettikenttä (1% Maan magneettikentästä), jonka löytyminen 1974 oli hienoinen yllätys
 - Ydin ainakin osittain sula
- Ei geologista aktiviteettia, pinta vanhaa (3-4 miljardia vuotta) ja kraateroitunutta
 - Napa-alueilla kraattereita joiden pohjalle Aurinko ei ikinä paista, ikijäässä



Caloriksen allas on yksi aurinkokunnan suurimpia törmäyskraattereita.

Merkuriuksen tutkimusta



- Mariner 10 teki kolme ohilentoa 1974-1975
- MESSENGER
 - Ohilentoja 2008 ja 2009
 - Jäi kiertämään Merkuriusta 2011
 - Kartoitti koko planeetan pinnan
 - Törmäytettiin Merkuriukseen 2015
- Bepi-Colombo
 - Jää Merkuriusta kiertävälle radalle loppuvuodesta 2026

BepiColombo-luotaimen (violetti) kiertorata. Kuva: Phoenix7777

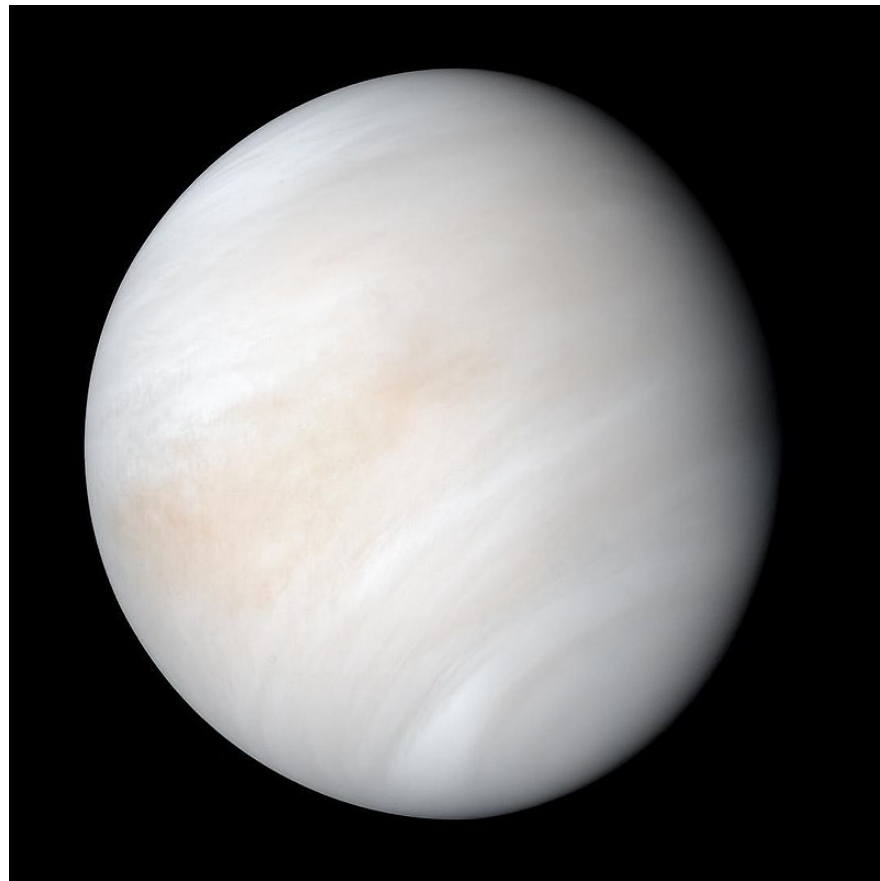
Maailmankaikkeus nyt 2026

Miten näkyy 2026?

- Marraskuussa aamutaivaalla
- Merkurius on taivaalla kohtalaisen kirkas, mutta vaikea nähdä koska aina lähellä Aurinkoa

Venus

- Säde 6050 km (0.95 x Maan)
- Massa 0.815 x Maan
- Etäisyys 0.72 AU
- Kiertoaika 225 vrk
- Pyörähdysaika 243 vrk (retrogradisesti – eri suuntaan kuin muut planeetat)
- Pinalämpötila 740 K
 - Äärimmäinen kasvihuoneilmiö
- Akselin kaltevuus 2.6°
- Ei kuita

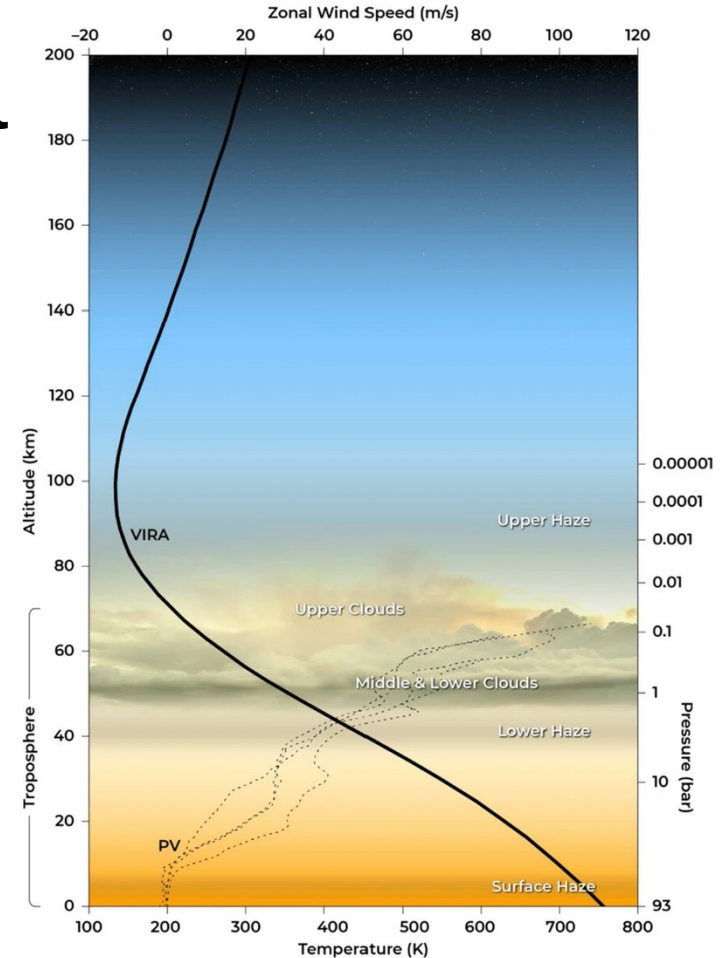


Maailmankaikkeus nyt 2026

Venus NASA:n Mariner 10 -luotaimen kuvaamana

Kaasukehä

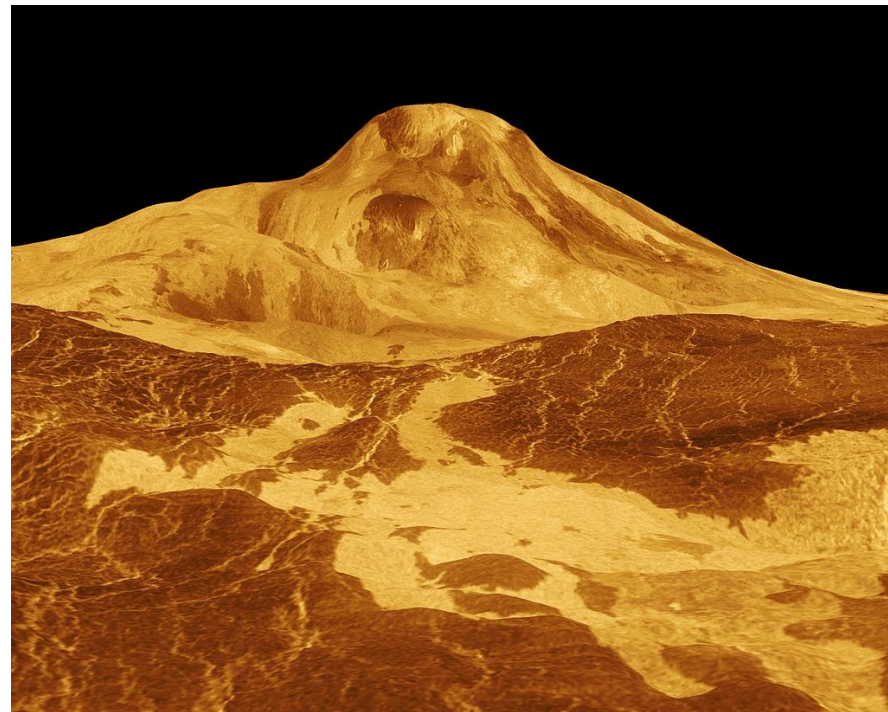
- Paksu kaasukehä, 98% hiilidioksidia, ilmanpaine 90 kertaa suurempi kuin Maassa
- Pilvet peittävät koko planeetan, vain muutama % auringonvalosta pääsee pinnalle asti
 - Rikkihapposateita, runsasta salamointia
- Kaasukehä tasoittaa lämpötilaeroja – päivä- ja yöpuoli käytännössä yhtä kuumia
- Voimakas kasviuoneilmiö
 - Menettänyt vetensä, jolloin hiilidioksidi ei sitoudu maaperään
 - Nostaa Venuksen lämpötilaa 500 asteella
 - Ilman kasviuoneilmiötä lämpötila olisi Maan luokkaa (Venus vaaleampi, joten heijastaa isomman osan säteilystä pois)
- Aurinkotuulen hiukkasten vuorovaikutus Venuksen ionosfääriin kanssa aikaansaa heikon magneettikentän



Venuksen kaasukehän paine, lämpötila ja tuulennopeuksia eri kerroksissa. O'Rourke, J.G., Wilson, C.F., Borrelli, M.E. et al.

Pinta, tulivuoret

- Sisärakenne lienee samankaltainen kuin Maalla, mutta ilman mannerlaattatoimintaa
- Paljon vanhoja tulivuoria, epäselvää miten aktiivista vulkanismia nykyään esiintyy
- Pinta 300-600 miljoonaa vuotta vanha
 - Ilman mannerlaattatoimintaa ytimen lämpö ei pääse purkautumaan jatkuvasti, vaan mahdollisesti kerääntyy ja myllertää lopulta koko planeetan pinnan kerralla
- Pinnalla vain suuria kraatereita
 - Pienet kappaleet tuhoutuvat kaasukehässä



Tutkakartta Maat Mons -tulivuoresta.
NASA - Jet Propulsion Laboratory.

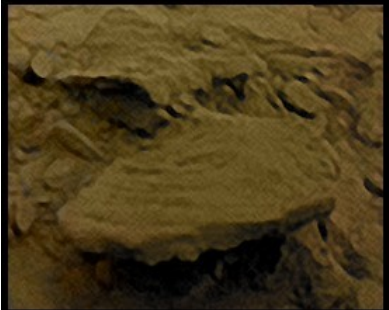
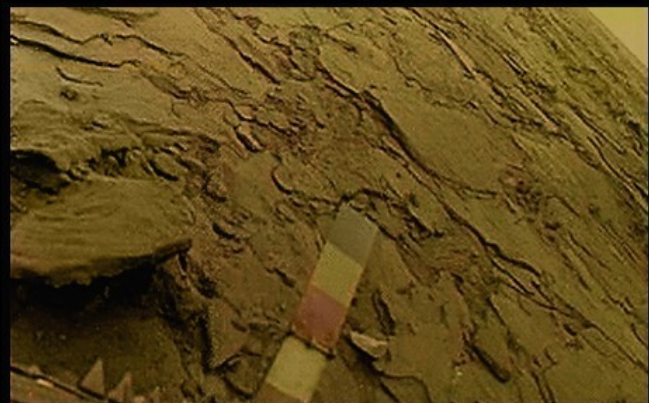


Tutkakartta Venuksen pinnasta Magellan-luotaimen datasta



Venera 14 Images from Venus

Data:IKI/Vernadsky Institute Processing by Ted Stryk



Venuksen tutkimusta

- Mariner 2 teki ensimmäisen vieraan planeetan onnistuneen ohilennon 1962
- Venera ohjelma 1961-1984
 - 16 luotainta Venukseen, mm. ensimmäiset kuvat pinnalta
- Pioneer Venus
 - Yksi luotain kiersi Venusta 1978-1992, ja toinen lähetti neljä laskeutujaa Venuksen kaasukehään ja pinnalle 1978
- Magellan
 - Kartoitti Venuksen pinnan tutkalla 1990-luvulla
- Venus Express
 - Tutki Venuksen kaasukehää 2005-2014
- Akatsuki
 - Japanilainen luotan epäonnistui Venuksen kiertoradalle asettumisessa 2010, mutta onnistui siinä myöhemmin ja tutki Venuksen kaasukehää 2015-2024

Maailmankaikkeus nyt 2026

Venuksen vaiheet



Kuten Galileo havaitsi 1600-luvun alussa, Venuksella on samankaltaiset vaiheet kuin Kuulla. Kuva: Stasis Kalyvas

Miten näkyy 2026?

- Touko-kesäkuussa matalalla iltataivaalla
- Marras-joulukuussa aamutaivaalla
- Auringon ja Kuun jälkeen kirkkain taivaankappale

Maa

- Säde 6370 km
- Massa 6×10^{24} kg
- Etäisyys 1 AU (150 milj. km)
- Kiertoaika 1 vuosi
- Pyörähdysaika 1 vrk
- Pinta-lämpötila (keskilämpötila) 288 K (15°C)
- Akselin kaltevuus 23.5°
 - Vuodenajat
- Yksi kuu: Kuu

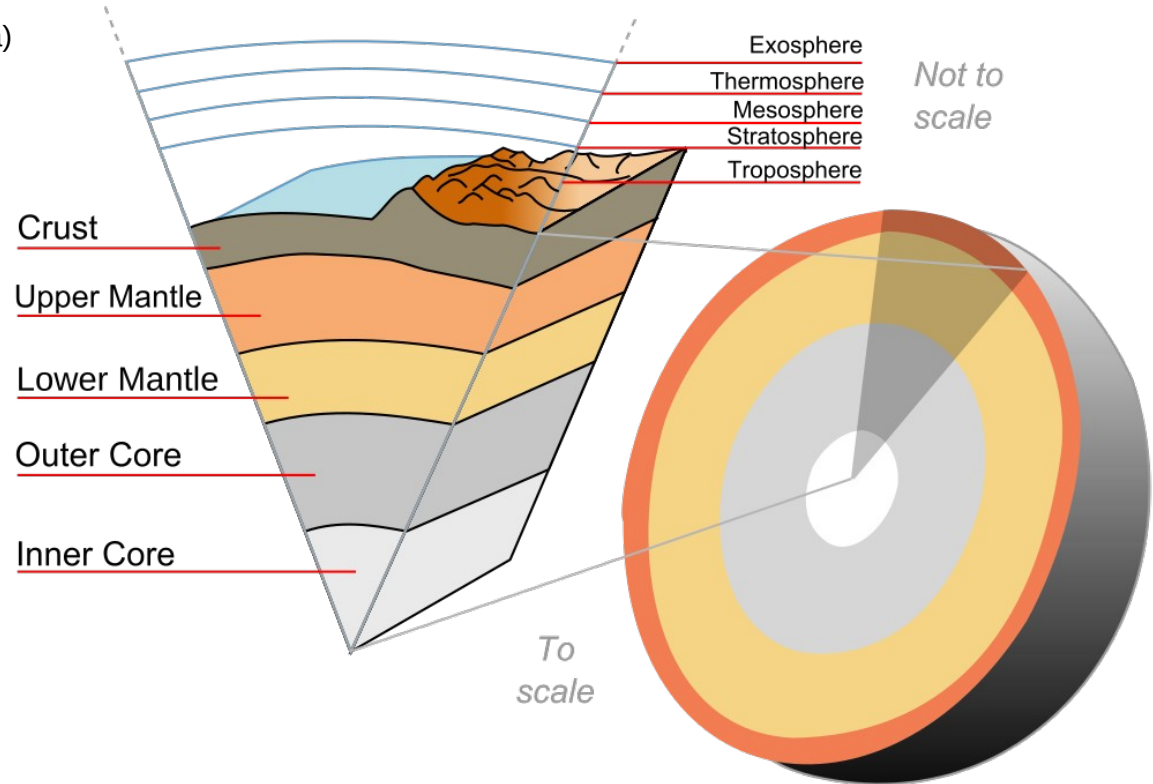


Maailmankaikkeus nyt 2026

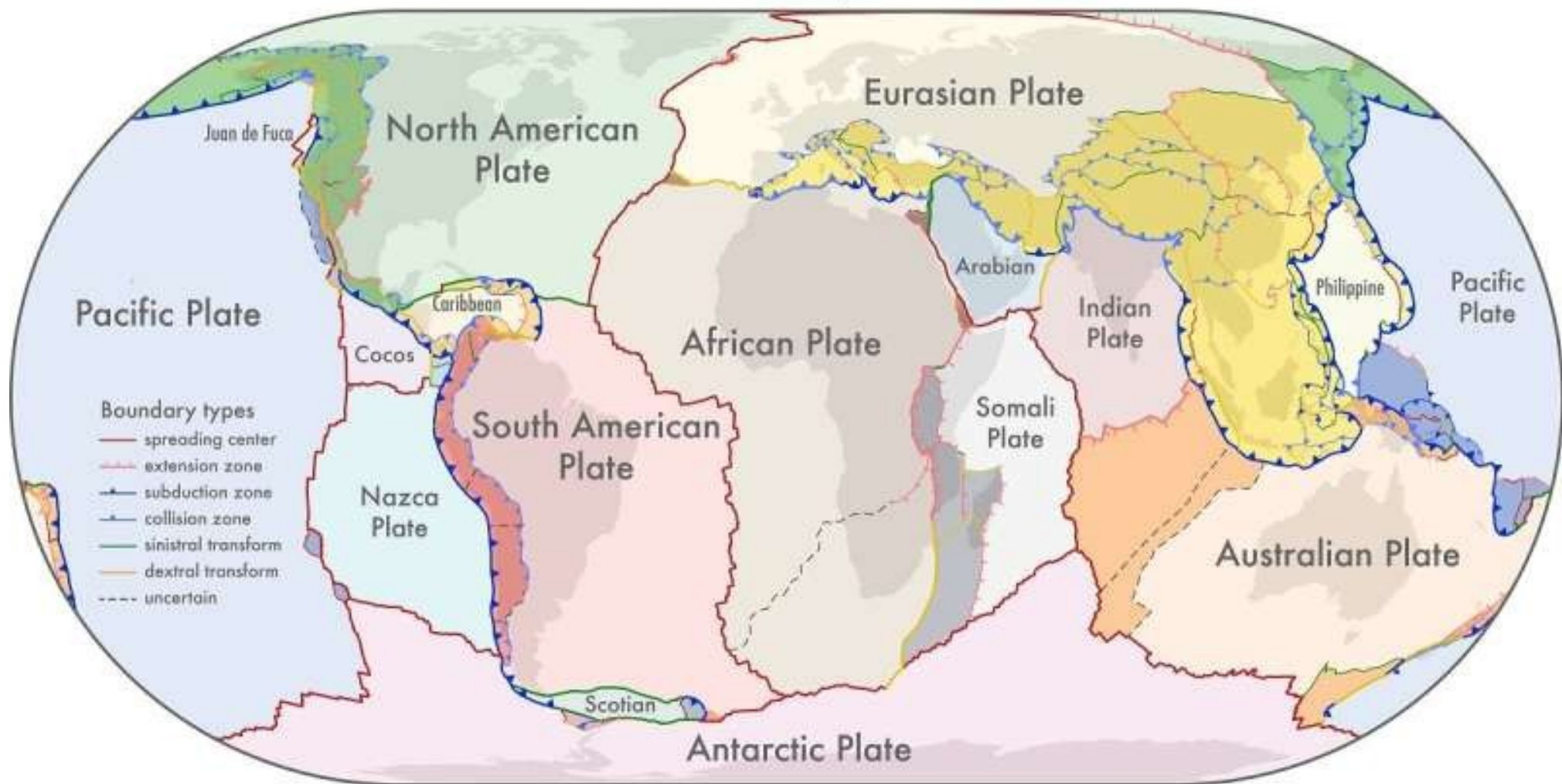
Maa Apollo 17 miehistön kuvaamana (The Blue Marble)

Sisärakenne

- Ilmakehä, 100 km (ylempänä vielä hyvin harvaa kaasua)
 - Pääosin typpeä ja happea
- Kiinteä kuori, 5-70 km
 - Mantereet paksumpia, merenpohja ohuempaa
- Pääosin kiinteä vaippa, 2900 km
 - Kivimateriaalia kuten kuorikin
 - Hitaat virtaukset liikuttavat pinnan mannerlaattoja
- Sula ulkoydin, 2250 km
 - Lähinnä rautaa ja nikkeliä
 - Virtaukset liikuttavat ylem্পää vaippaa ja synnyttävät Maan magneettikentän
- Kiinteä sisäydin, 1200 km
 - Lähinnä rautaa ja nikkeliä
 - Lämpötila 5700 K



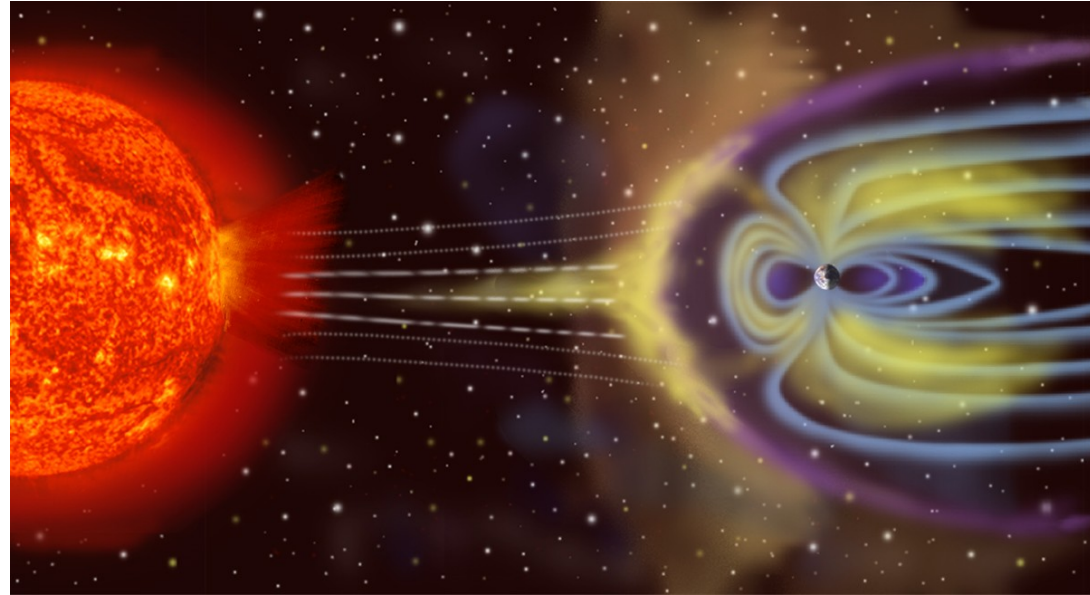
Tectonic Plates, 2022



Source: Hasterok et al., (Earth-Sci. Rev., 2022)

Magneettikenttä

- Sisäytimen ionisoituneen (sähköisesti varatun) sulan metallin virtaukset aikaansaavat Maan magneettikentän (dynamo)
- Suojaa Maan pintaa aurinkotuulelta
- Vinossa pyörimisakselin suhteen

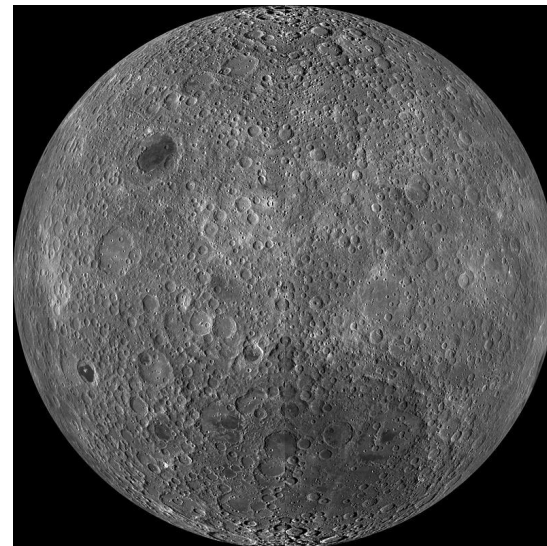


Kuva: NASA

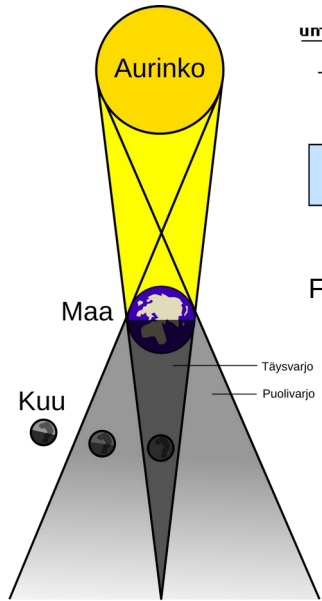
Kuu

- Maan ainoa luonnollinen, pitkäaikainen kiertolainen
- Etäisyys 380 000 km
- Aurinkokunnan viidenneksi suurin kuu
- Kiertoaika 27 vrk, kääntää aina saman puolen Maata päin (vuorovesilukittunut)
 - *Libraation* takia Maasta voi nähdä noin 59% Kuun pinnasta
- Luultavasti syntynyt 4.5 mrd vuotta sitten (100 miljoonaa vuotta Maan jälkeen) muinaisen protoplaneetan (Theia) törmätessä Maahan
- Aiemmin oletettiin geologisen toiminnan lakanneen, mutta viime aikoina on löydetty vain 50-100 miljoonan vuoden ikäisiä alueita
- Ainoa vieras taivaankappale missä ihminen on käynyt
 - 6 Apollo-laskeutumista 1969-1972
 - Artemis II avaruuslennolla 2026 neljä ihmistä kiersi Kuun, ensimmäinen kuulento sitten Apollo-ohjelman

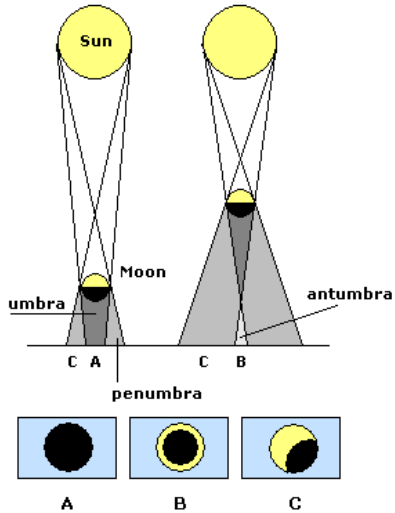
Maailmankaikkeus nyt 2026



Pimennykset

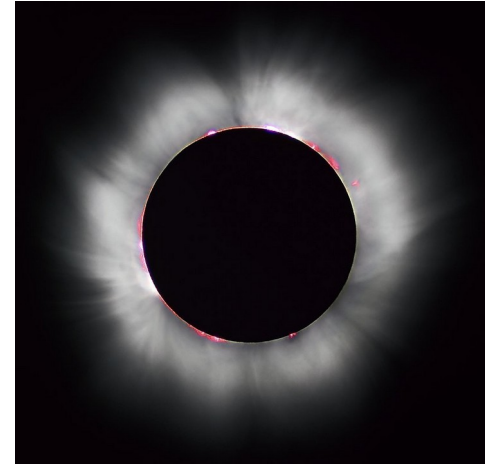


Ascánder/Luca



Francisco Javier Blanco González

- Koska Aurinko on säteeltään noin 400 x Kuuta isompi, mutta vastaavasti 400 x kauempana, mahdollistuu täydellinen auringonpimennys
- Sekä auringon- että kuunpimennyksiä vuosittain 2-5 näkyvissä jossain päin maapalloa
- Kuun rata kallellaan noin 5° , muuten pimennyksiä tulisi kuukausittain

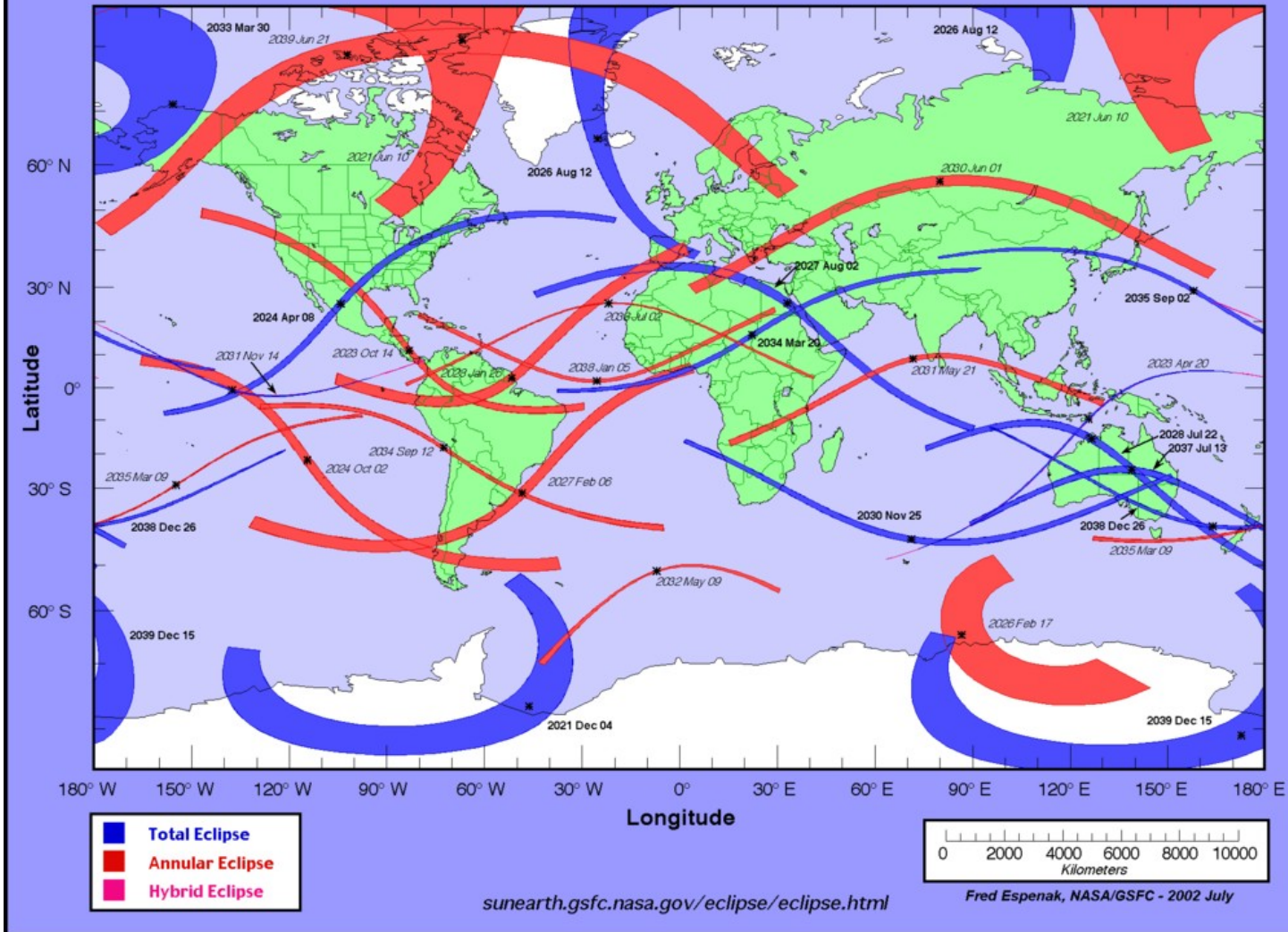


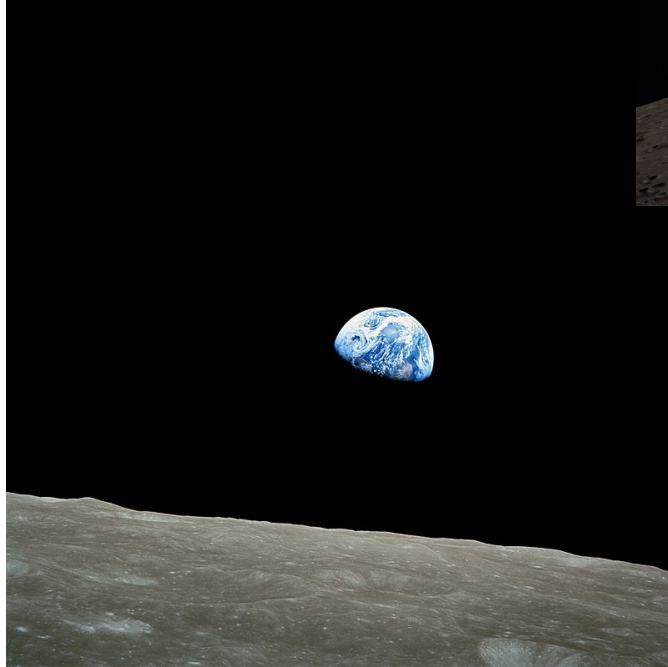
Luc Viatour



Sergei Mutovkin

Total and Annular Solar Eclipse Paths: 2021 – 2040



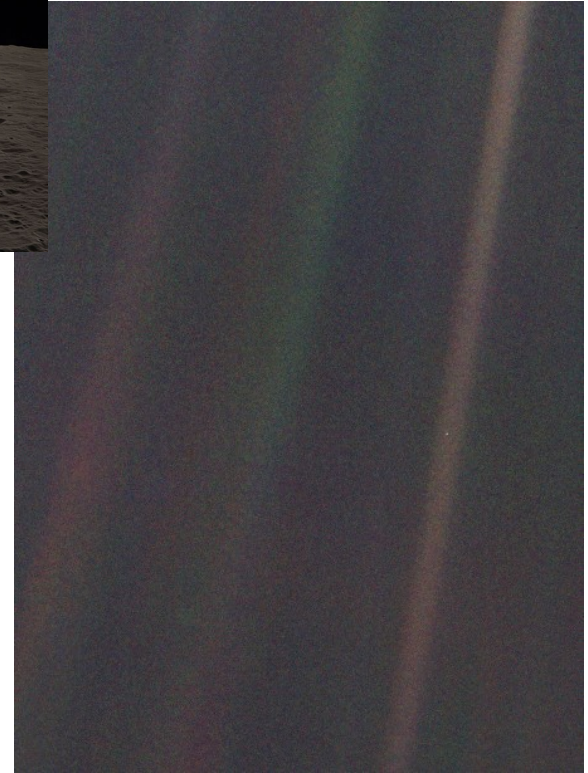


"Earthrise"



"Earthset"

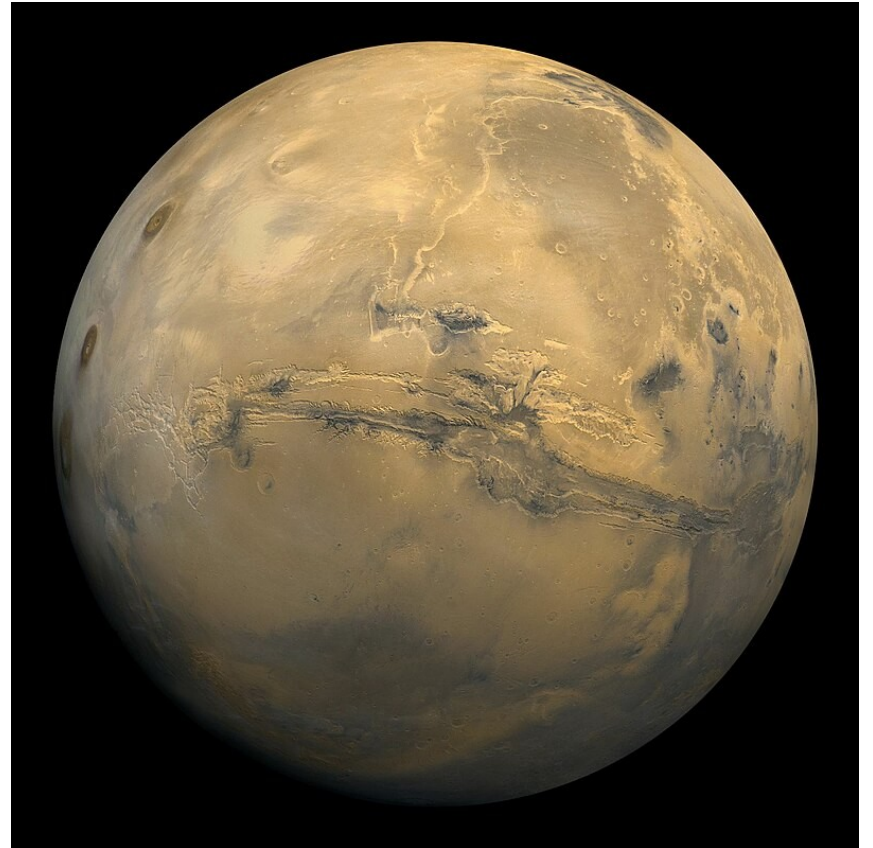
Maailmankaikkeus nyt 2026



"Pale blue dot"

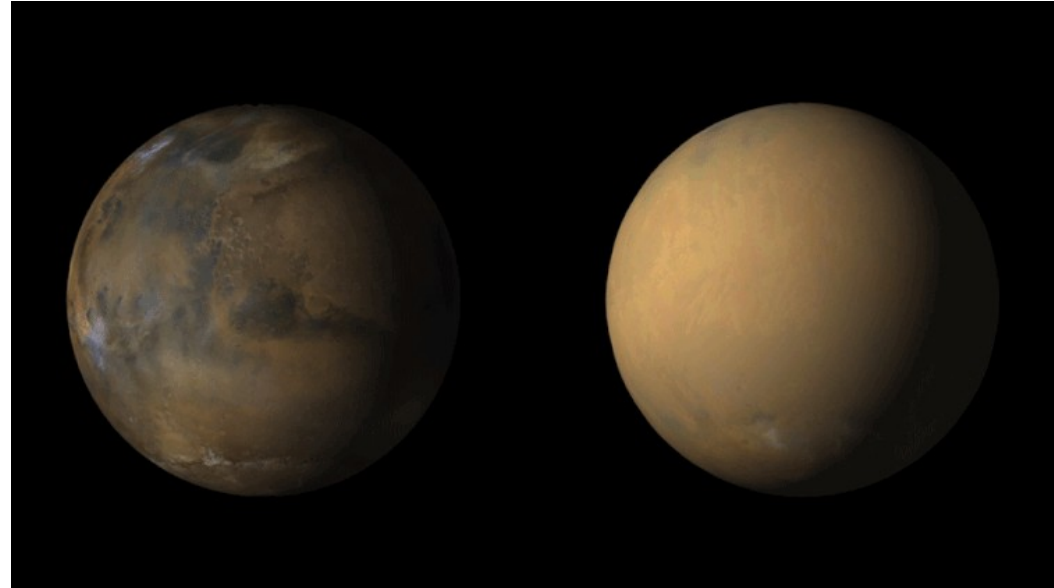
Mars

- Säde 3390 km (0.52 x Maan)
- Massa 0.11 x Maan
- Etäisyys 1.52 AU
- Kiertoaika 1.9 vuotta
- Pyörähdysaika 24 h 38 m
- Pintalämpötila 215 K (-60°C)
 - Vaihtelee -110 °C – +35 °C välillä
- Akselin kaltevuus 25.2°
- Kaksi pientä kuuta, kiertävät molemmat lähellä Marsia
 - Phobos ("Pelko"), 27 x 22 x 18 km, etäisyys vain 2.8 Marsin sädettä
 - Deimos ("Kauhu"), 16 x 12 x 10 km, etäisyys 6.9 Marsin sädettä



Pinta

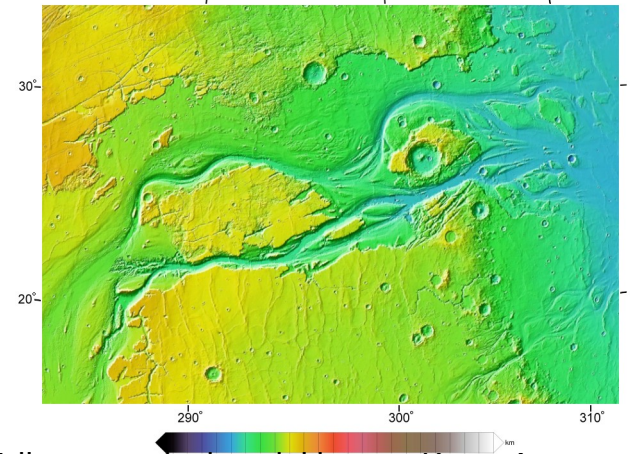
- Kaasukehä 96% hiilidioksidia, ilmanpaine pinnalla 0.6% Maan ilmanpaineesta
 - Pölymyrskyt yleisiä
- Tunnusomainen punainen väri rautaoksidista
- Napajäätiköt, hiilidioksidi- ja vesijäätä
- Muinaisia tulivuoria
 - Olympus Mons aurinkokunnan korkein vuori, lähes 22 km ympäröivää tasankoa korkeampi
- Nykyään ei magneettikenttää, kuitenkin viitteitä muinaisesta Maan kaltaisesta kentästä



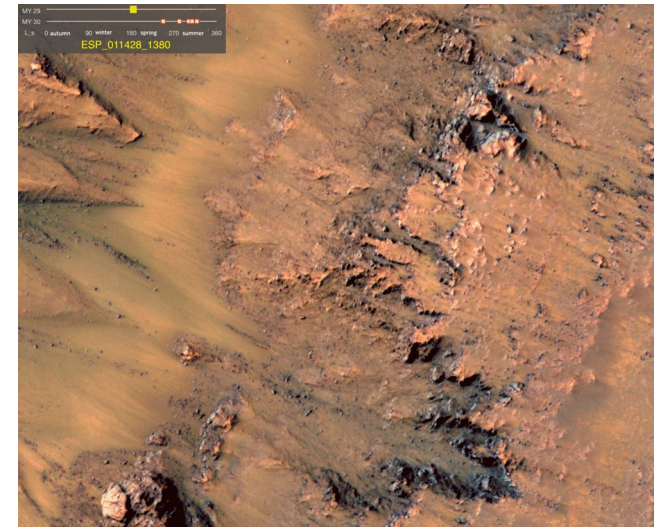
Mars 2018 ennen ja jälkeen pölymyrskyn. NASA/JPL

Elinkelpoisuus?

- Muinainen Mars on muistuttanut enemmän Maata, todisteita mm. virtaavasta vedestä
 - Suurimmat uomat paljon Grand Canyonia suurempia
 - Pieniä määriä virtaavaa vettä saattaa edelleen esiintyä kausiluontoisesti
- Mars menetti magneettikenttänsä sulan ytimen dynamoefektin hävittyä, jolloin aurinkotuuli on päässyt pommittamaan valmiiksi ohutta kaasukehää
 - Kasvihuoneilmiö ei lämmitä Marsia, joka on jäähtynyt sitten alkuaikojen
 - Vettä edelleen jäätyneenä pinnan alla

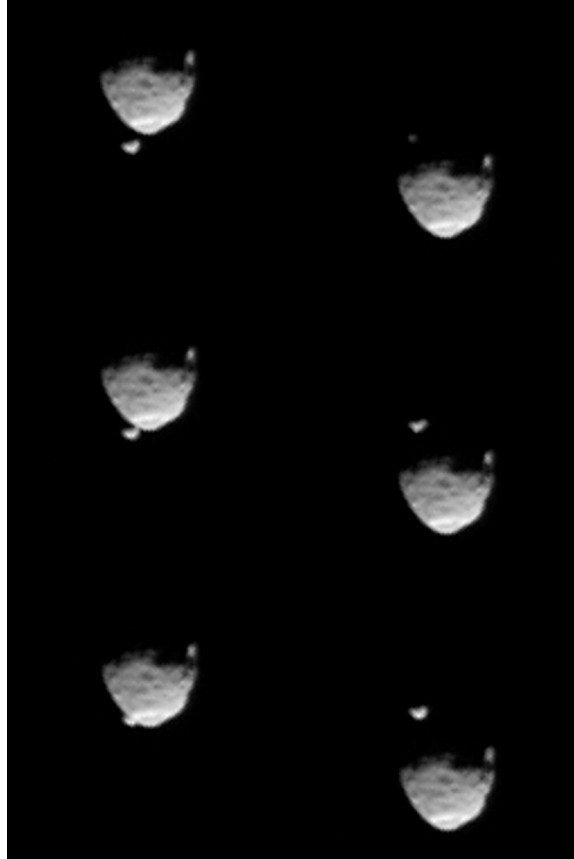


Kasei Valles on muinainen jokuuoma. Kuva: Areong

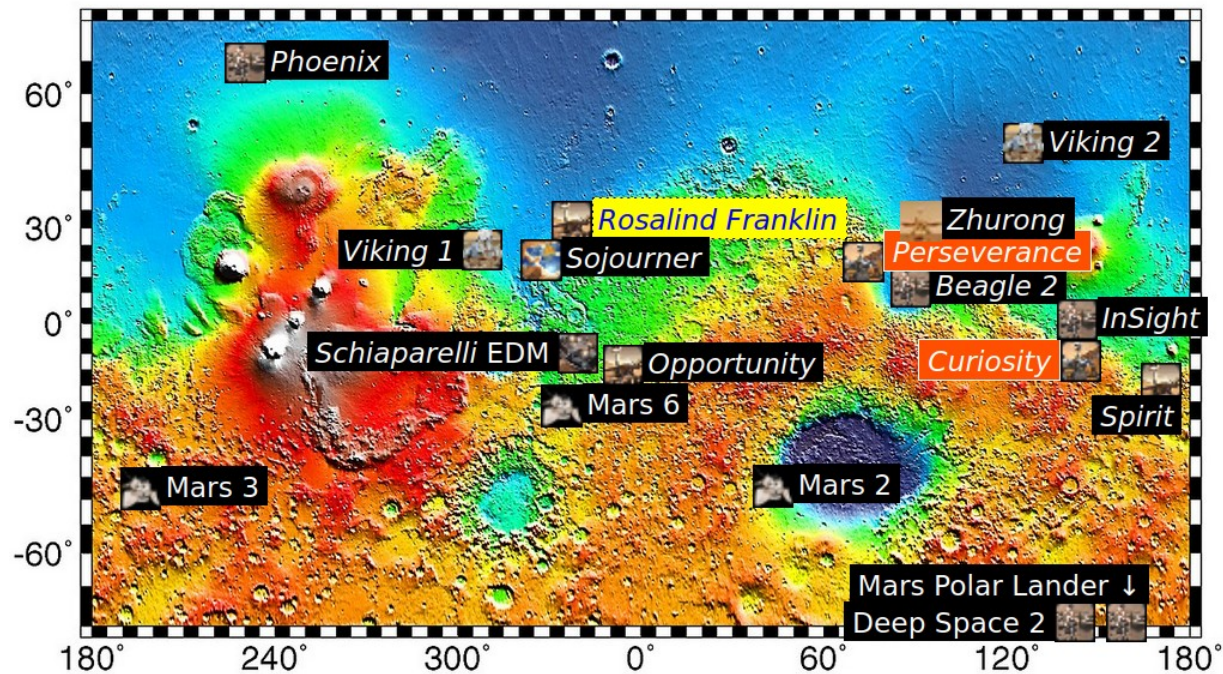
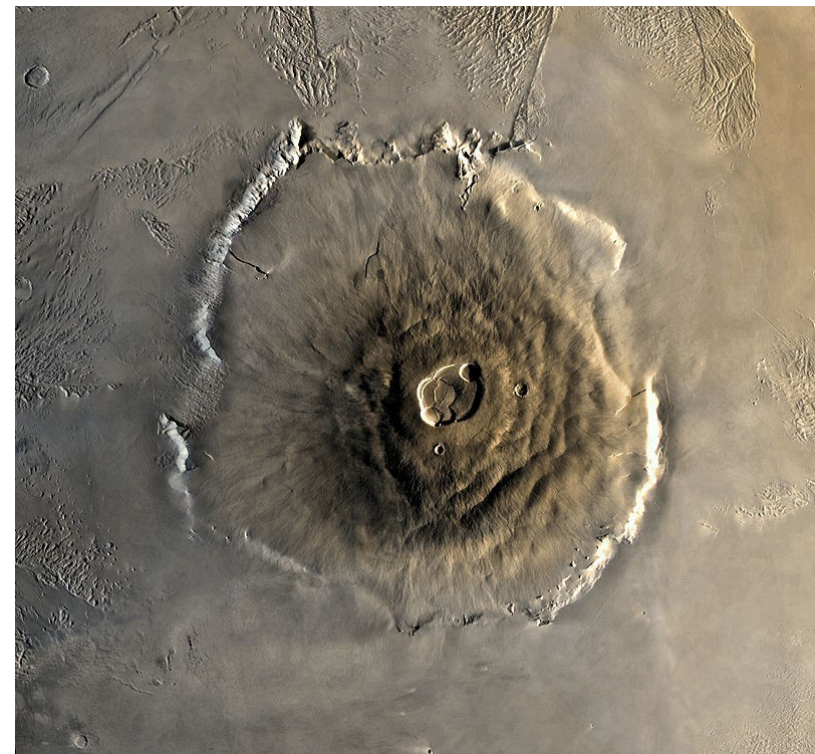


Kausiluontoista vaihtelua Newton-kraaterin rinteillä Mars Reconnaissance Orbiterin kuvaamana. Ilmeisti kesä on sulattanut rinteestä jäätä.

Phobos ja Deimos

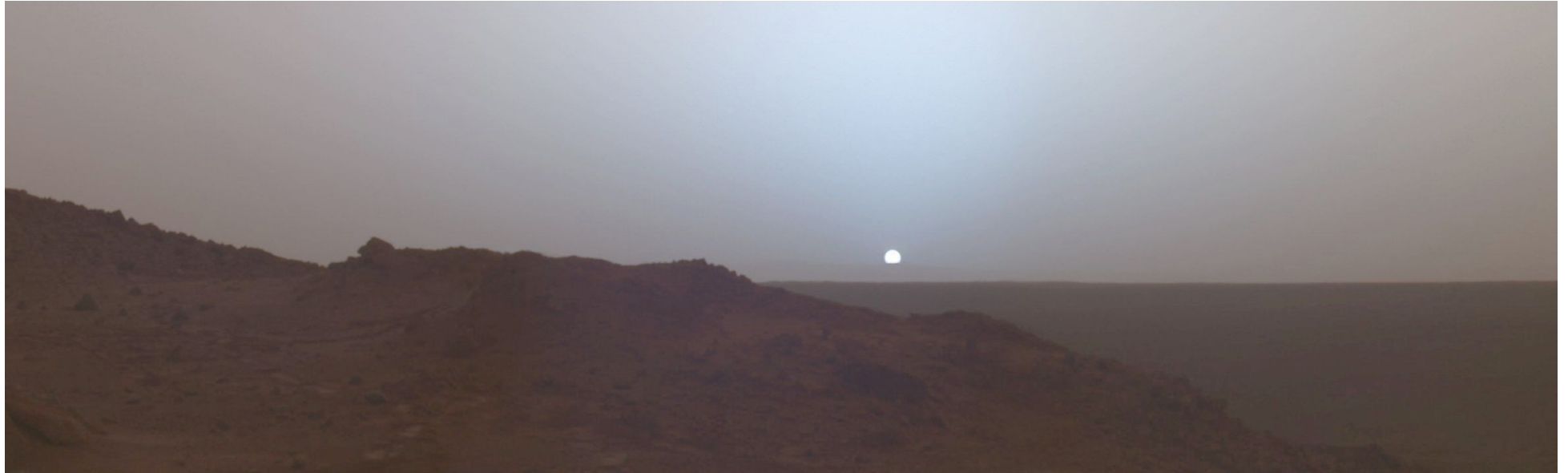


Phobos kulkee Deimosin editse Curiosity-mönkijän näkemänä



Kartta Marsin pinnasta, mihin on lisätty Marsiin laskeuneiden luotainten sijainnit

Olympos Mons, Marsin ja koko aurinkokunnan korkein vuori



Auringonlasku Spirit-mönkijän kuvaamana

Maailmankaikkeus nyt 2026

Marsin tutkimusta

- Ahkerimmin tutkittu vieras planeetta. Alla NASA:n menestyneimpiä laskeutujia:
- Viking I & II
 - Ensimmäiset onnistuneet Mars-laskeutumiset 1976, Viking I toimi yli 6 vuotta
- Spirit & Opportunity
 - Laskeutuivat 2004. Spirit sammui 2010, Opportunity 2018, kuljettuaan yli 45 km
- Curiosity
 - Laskeutui 2012, toimii edelleen, kuljettuaan yli 36 km
- InSight
 - Laskeutui 2018, tutki Marsin seismologiaa 2022 asti
- Perseverance
 - Laskeutui 2021, mönkijän mukana myös Ingenuity-pienoishelikopteri (jonka kuvaa alla)



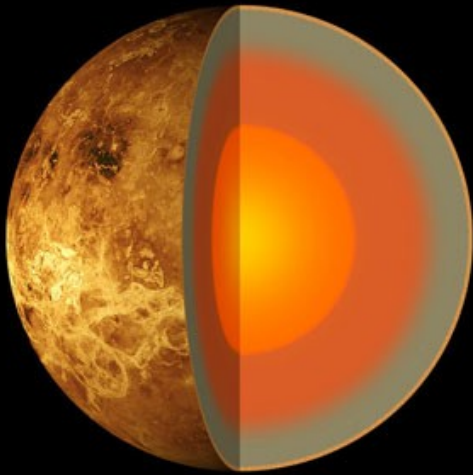
Octavia E. Butler Landing

Wright Brothers Field

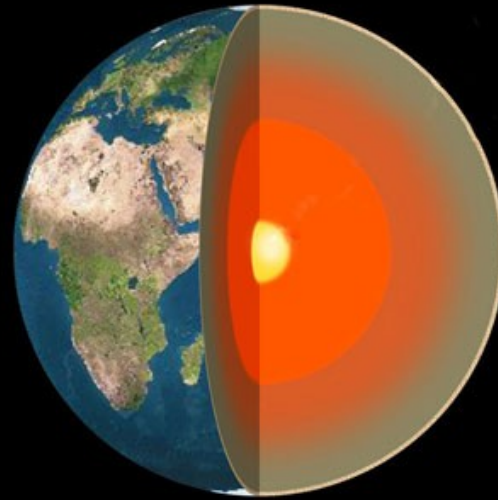
Perseverance

Miten näkyy 2026?

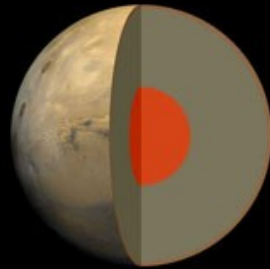
- Elokuusta eteenpäin näkyy aamutaivaalla, marras-joulukuussa jo puolesta yöstä eteenpäin
- Marraskuussa lähellä Jupiteria



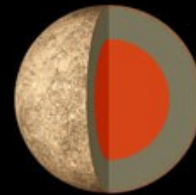
Venus



Earth



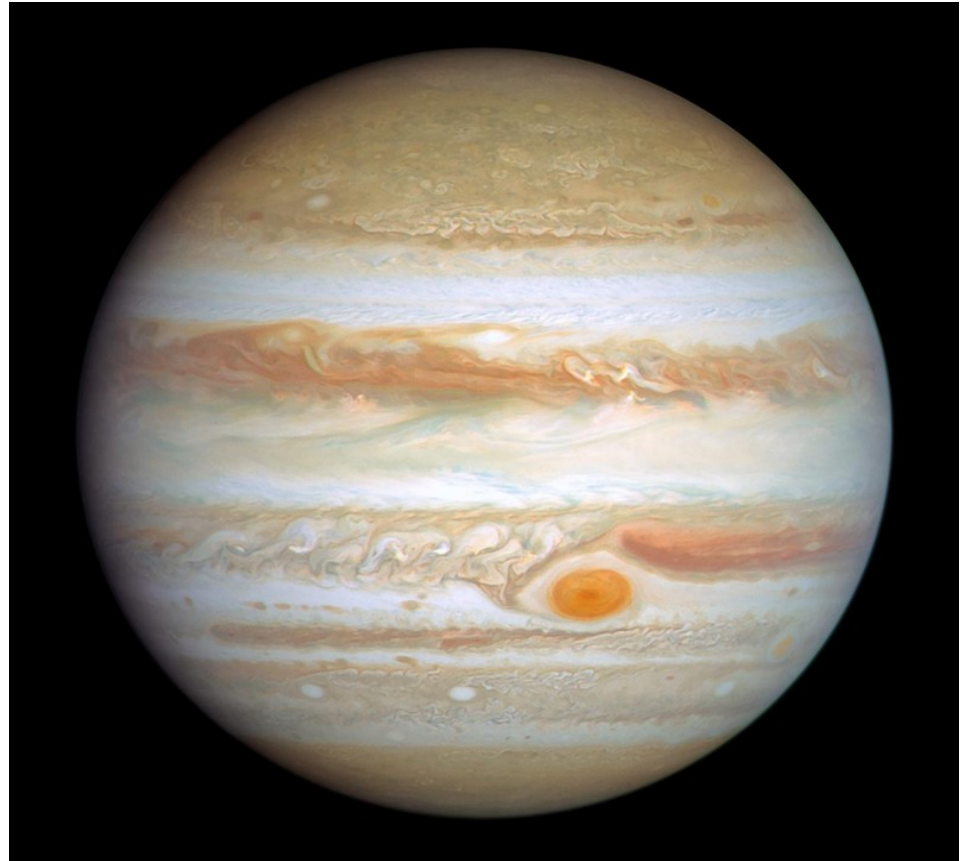
Mars



Mercury

Jupiter

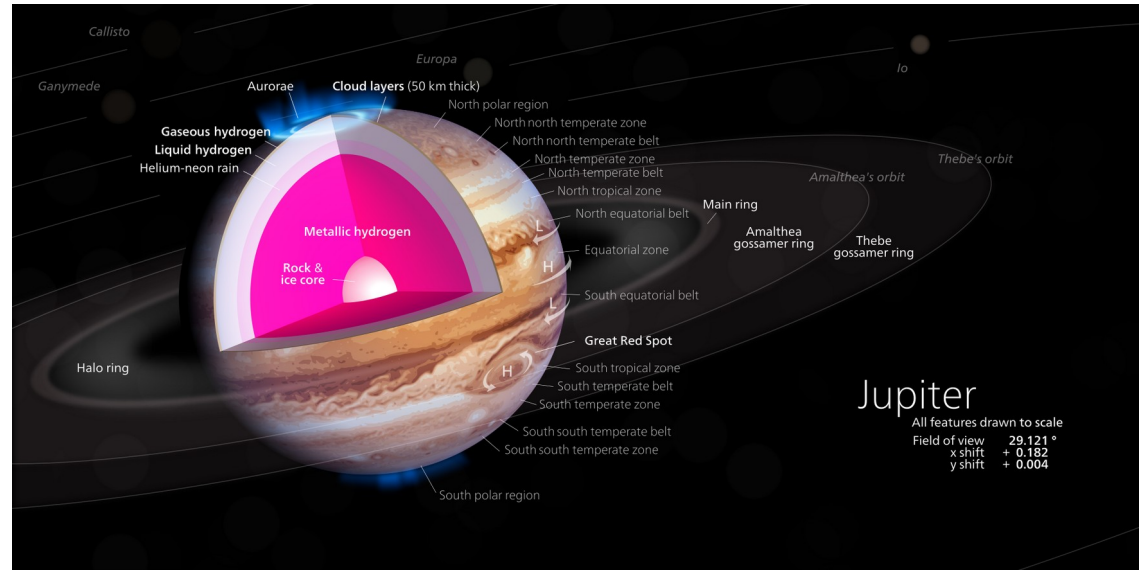
- Säde 69 900 km (11 x Maan)
- Massa 318 x Maan
 - (2.5 x kaikkien muiden planeettojen yhteenlaskettu massa)
- Etäisyys 5.2 AU
- Kiertoaika 11.9 vuotta
- Pyörähdysaika 10 h
- Pinalämpötila 165 K (-108 °C)
- Akselin kaltevuus 3°
- 115 tunnettua kuuta, 4 isoa, loput pieniä



Maailmankaikkeus nyt 2026
Jupiter Hubblen avaruusteleskoopin kuvaamana

Rakenne

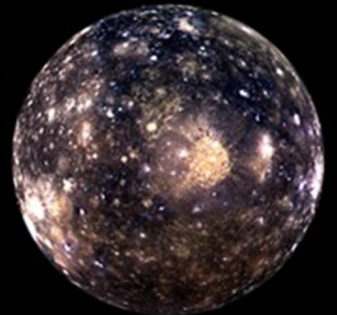
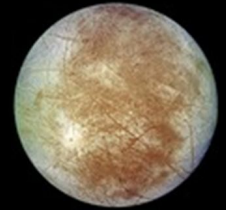
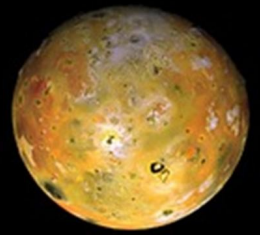
- Pinnalla 3000 km paksu kaasukehä, koostumus samankaltainen kuin Auringolla ($\frac{3}{4}$ vetyä, $\frac{1}{4}$ heliumia)
 - Pilvivyöhykkeiden muodostamia vöitä, suuri punainen pilkku (vähintään satoja vuosia kestänyt pyörremyrsky)
- Nestemäisen vedyn kerros
- Metallisen vedyn kerros
- Oletettavasti kivinen ydin, noin 7-25 maapallon massaa



Kuva: Kelvinsong

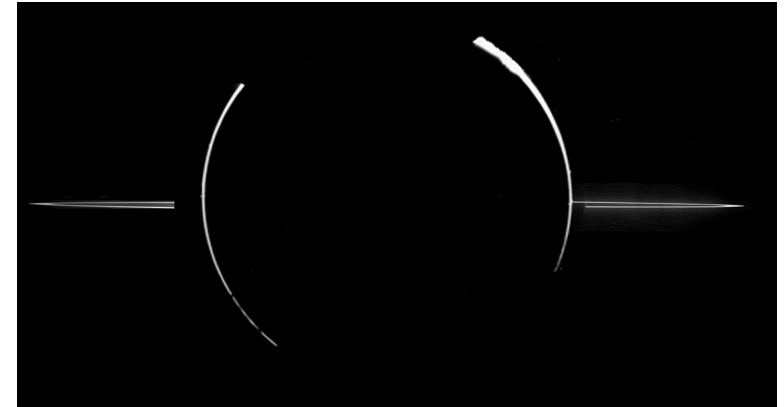
Kuut

- 4 isoa kuuta, ”Galilein kuut”, löydetty 1600-luvulla
 - Io – vulkaanisesti aktiivinen
 - Europa – pinnan alainen valtameri
 - Ganymedes – aurinkokunnan suurin kuu, Merkuriusta suurempi, joskin kevyempi
 - Kallisto – pinta vanhaa ja kraateroitunutta
- Pienempiä kuita mm. Amalthea, Thebe, Metis



Renkaat

- Päärengas löytyi 1979 (Voyager 1)
- Kolme himmeämpää rengasta
- Koostuvat pölystä (toisin kuin Saturnuksen jäiset renkaat), luultavasti peräisin Jupiterin kuista



Jupiterin renkaat Galileo-luotaimen kuvaamina.

Tutkimusta

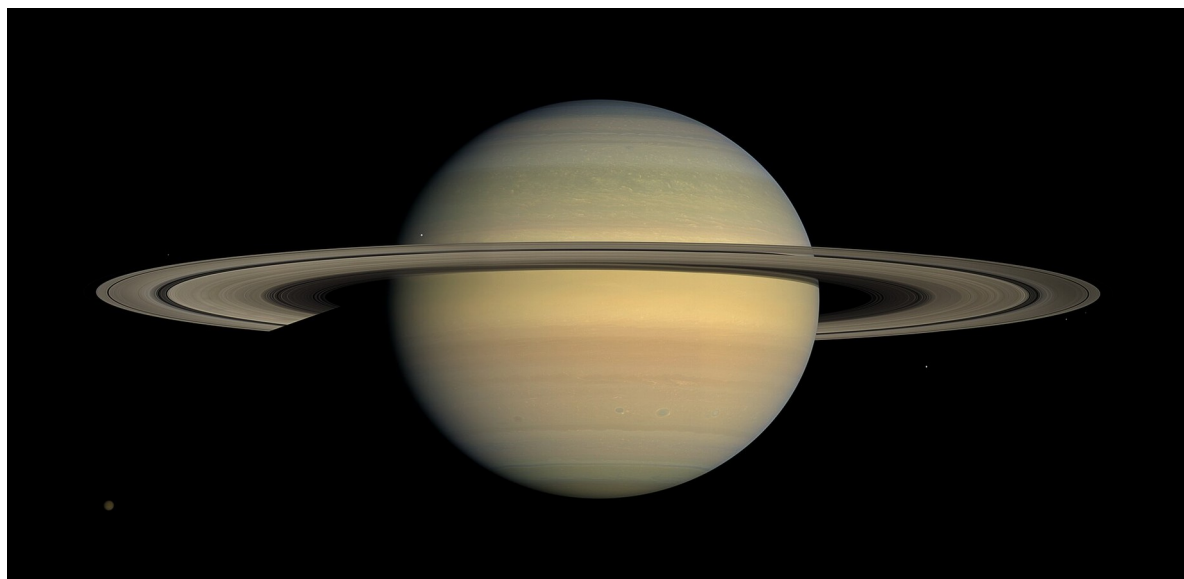
- Pioneer 10 & 11
 - Ohilennot 1973 & 1974
- Voyager 1 & 2
 - Ohilennot 1979 & 1980
- Galileo
 - Kiersi Jupiteria 1995-2003
- Cassini
 - Ohilento 2000 (matkalla Saturnukseen)
- New Horizons
 - Ohilento 2007 (matkalla Plutoon)
- Juno
 - 2016-

Miten näkyy 2026?

- Toukokuussa hetken ajan auringonlaskun jälkeen
- Syys-lokakuussa aamutaivaalla
- Marraskuussa lähellä Marsia, nousee ennen puolta yötä
- Joulukuussa nousee myöhään illalla ja näkyy aamuun asti
- Venuksen ohella kirkkaampi kuin yksikään yötaivaan tähti

Saturnus

- Säde 58 200 km (9 x Maan)
- Massa 95 x Maan
- Etäisyys 9.6 AU
- Kiertoaika 29 vuotta
- Pyörähdysaika 10.5 h
- Pinalämpötila 134 K
- Akselin kaltevuus 26.7°
- 292 tunnettua kuuta, Titan selvästi suurin
 - Maaliskuussa 2025 julkaistiin 128 löydettyä uutta pientä kuuta



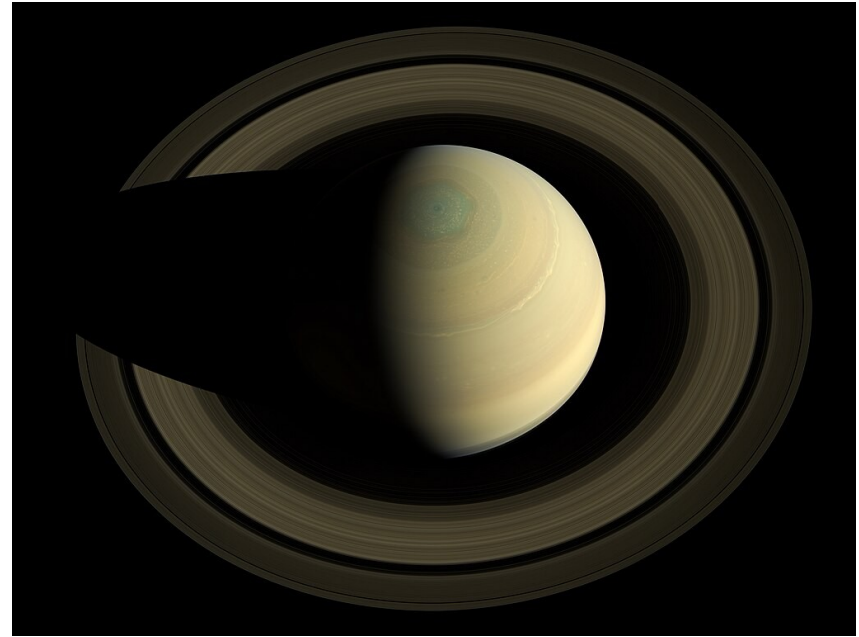
Saturnus Cassini-avaruusluotaimen kuvaamana

Saturnus

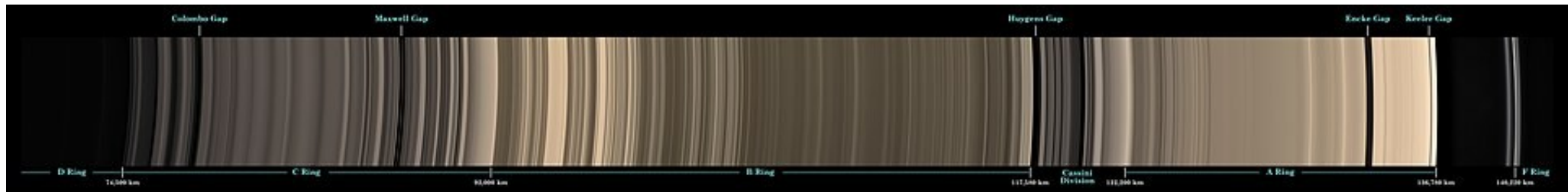
- Kaukaisin jo muinaisuudesta asti tunnettu planeetta
- Rakenteeltaan hyvin samankaltainen kuin Jupiter
- Säteilee enemmän energiaa ulos kuin mitä saa Auringosta – ylimääräistä energiaa vapautuu vetyä raskaamman heliumin vajotessa kohti ydintä (differentioituminen)
- Planeetoista alhaisin tiheys: 700 kg/m^3
- Renkaat löytyivät 1600-luvulla varhaisilla teleskoopeilla

Saturnuksen renkaat

- Koostuvat pääosin vesijäästä
- Kappaleiden koko millimetreistä metreihin
- Tuhansia renkaita ja aukkoja
- Paksuus jopa vain kymmeniä metrejä
 - Hävisivät näkyvistä maaliskuussa 2025, kun planeetta näkyi suoraan sivusta
- Todennäköisesti syntyneet joko hajonneesta kuusta (renkaat nuoria) tai Saturnuksen muodostumisen yhteydessä (renkaat vanhoja)

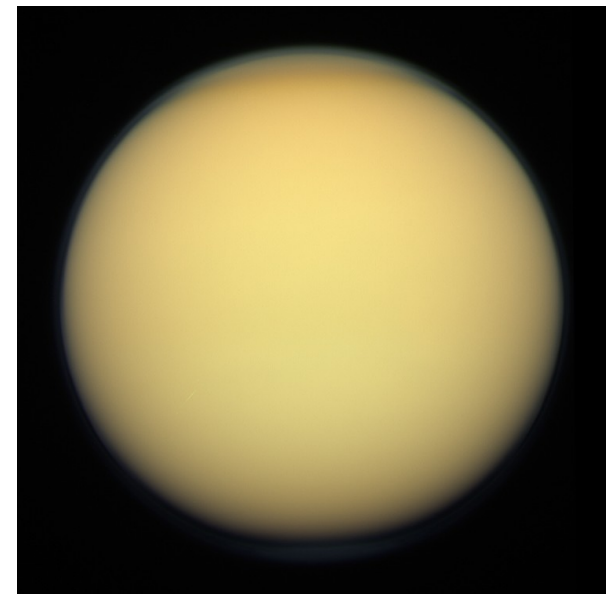


Cassinin kuvaa Saturnuksen renkaista

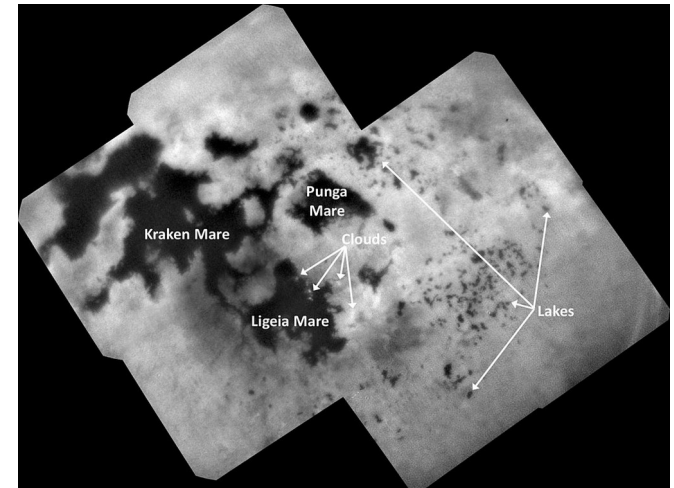


Kuut

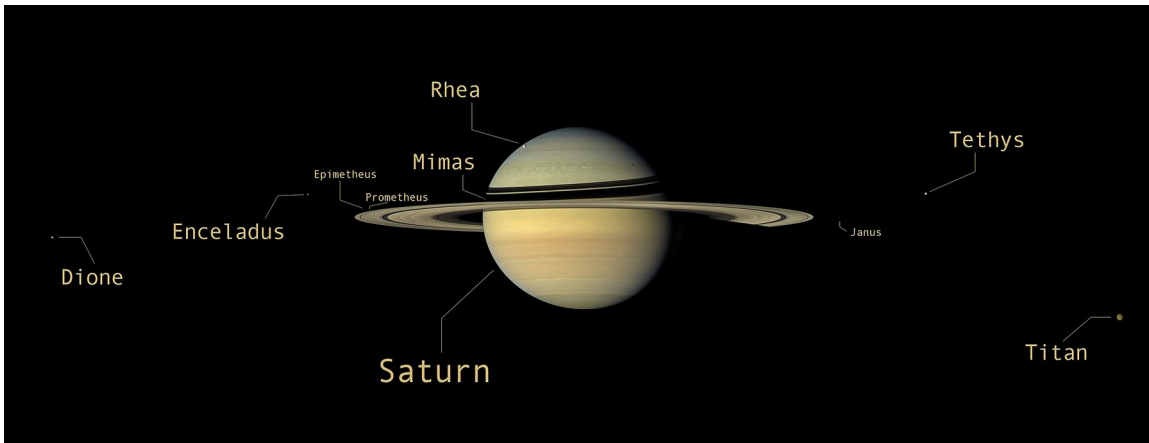
- Titan selvästi suurin kuu, Merkuriusta suurempi (joskin kevyempi)
 - Paksu typpi-metaanikaasukehä, pilviä
 - Ainoa aurinkokunnan kappale Maan lisäksi jonka pinnalla jatkuvaa nesteiden kiertoa (metaani)
- Enceladus
 - Suuri pinnanalainen sula meri
- Mimas
 - Valtava törmäyskraateri
- Japetus
 - Toinen puoli tumma, toinen vaalea
- Hyperion
 - Rakenteeltaan huokoinen, pyöriminen kaaottista ja vaikeasti mallinnettavaa



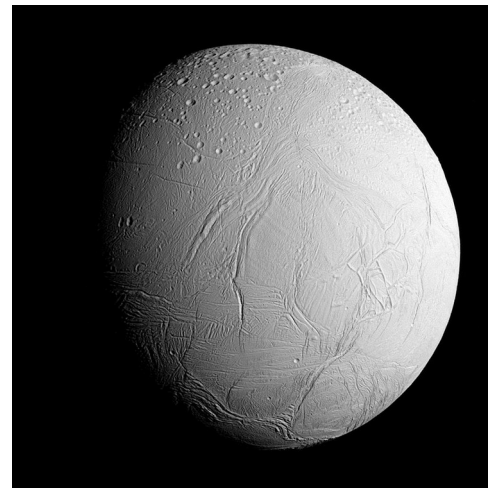
Titan. NASA/JPL-Caltech/SSI/Kevin M. Gill.



Titanin pintaa Cassinin kartoittamana



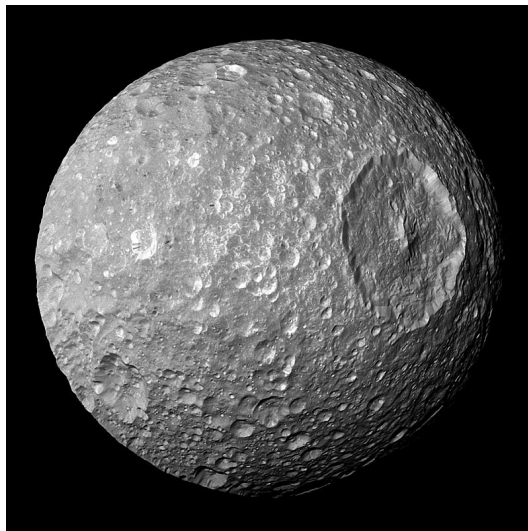
Kuva: Kevin Gill



Enceladus



Japetus



Mimas

Maailmankaikkeus nyt 2026



Hyperion

Tutkimusta

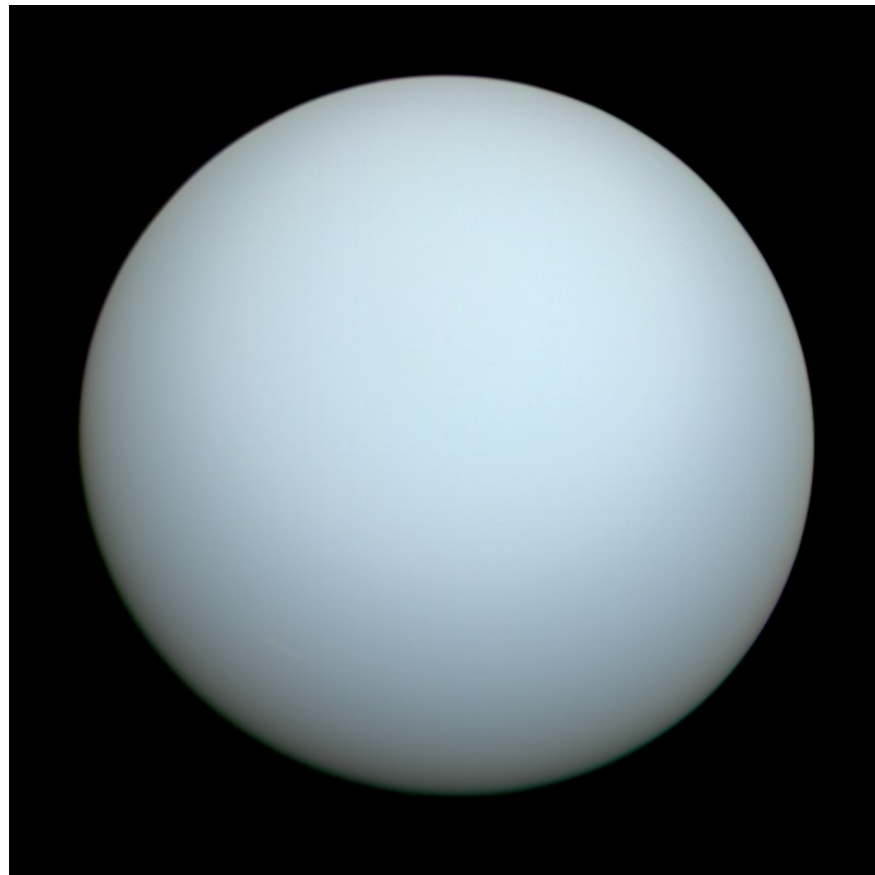
- Voyager 1 & 2
 - Ohilennot 1980 & 1981
- Cassini
 - Tutki Saturnusta 2004-2017
 - Huygens-laskeutuja Titaniin 2005

Miten näkyy 2026?

- Heinäkuun lopusta eteenpäin näkyy aamutaivaalla
- Alkusyksystä nousee auringonlaskun jälkeen ja näkyy aamuun asti
- Marras-joulukuussa iltataivaalla

Uranus

- Säde 25 400 km (4 x Maan)
- Massa 14.5 x Maan
- Etäisyys 19.2 AU
- Kiertoaika 84 vuotta
- Pyörähdysaika 17 h (eri suuntaan kuin muut planeetat)
- Pinalämpötila 76 K
- Akselin kaltevuus 82° (eli kiertää melkein kyljellään)
- 28 tunnettua kuuta, kaikki selvästi Kuuta pienempiä

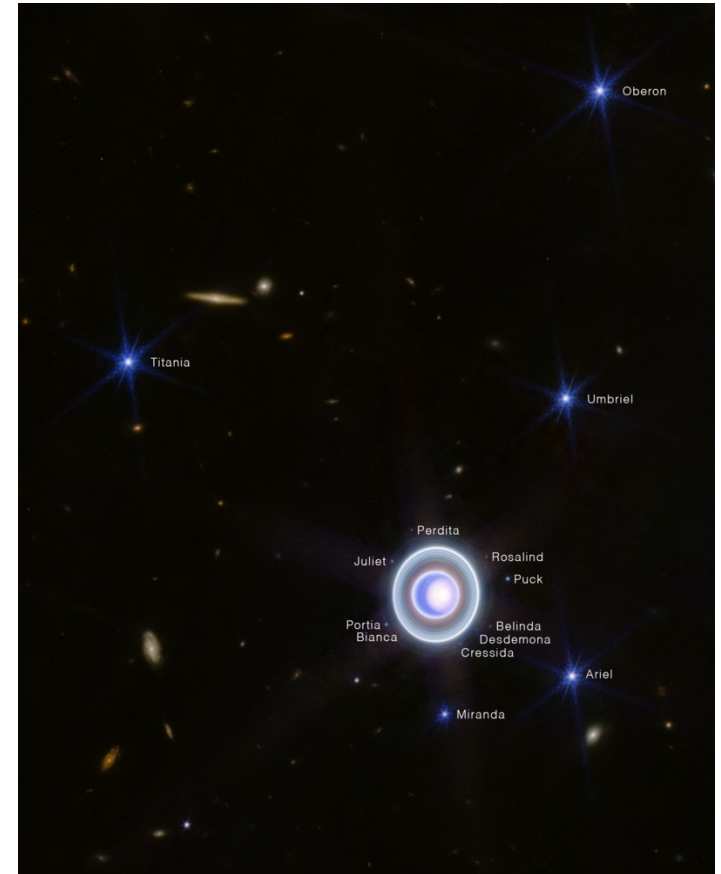


Uranus

- Ensimmäinen ”löydetty” planeetta (William Herschel 1781)
 - Myös varhaisempia havaintoja, mutta silloin sitä luultiin tähdeksi
- Uranus & Neptunus hyvin samankaltaisia, sisältävät enemmän jäitä (kuten vesi, ammoniakki, metaani) kuin Jupiter & Saturnus – ”jääjättiläisiä”
- Ainoa ohilento Voyager 2 1986

Kuut

- Suurimmat kuut
Titania, Oberon,
Umbriel, Ariel, Miranda



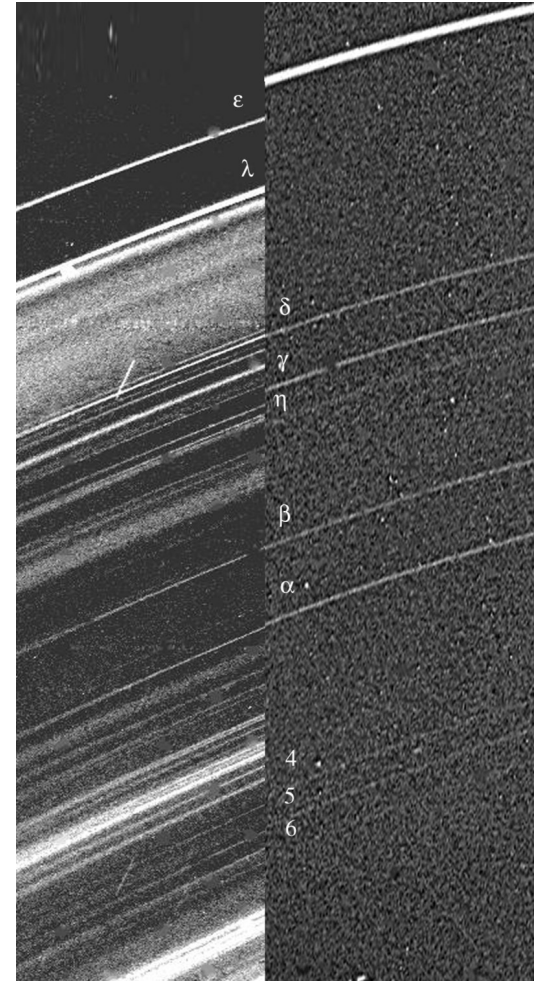
Maailmankaikkeus nyt 2026

Uranuksen suurimmat kuut JWST-teleskoopin kuvassa.

Renkaat

- Uranuksen ympärillä 13 päärengasta, toiseksi eniten Saturnuksen jälkeen
- Löytyivät 1977 tähdenpeiton yhteydessä
- Koostuvat pienhiukkasista ja pölystä, tummempia kuin Saturnuksen renkaat

Maailmankaikkeus nyt 2026



Voyager 2 kuvaa Uranuksen renkaista

Miten näkyy 2026?

- Syksyllä melkein läpi koko yön
- Periaatteessa paljain silmin näkyvä, mutta haastavaa

Neptunus

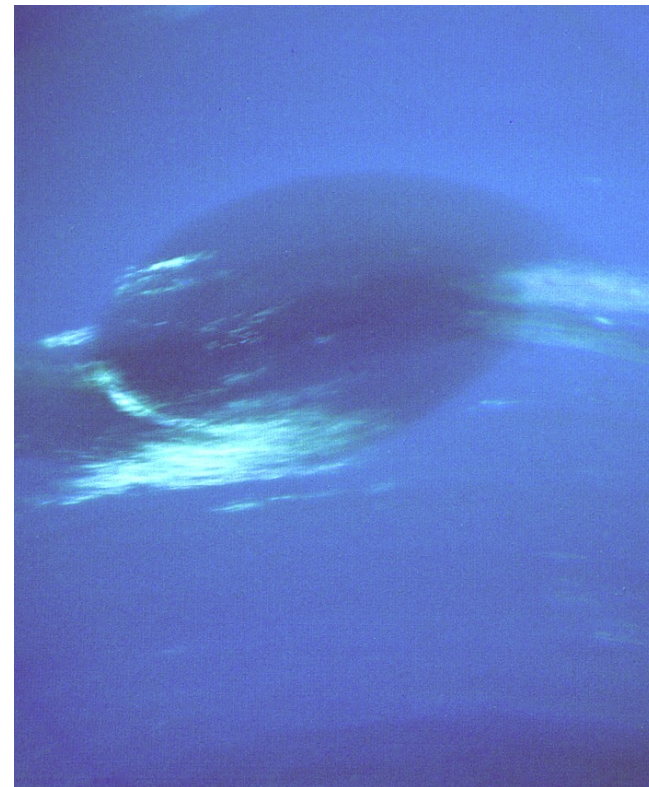
- Säde 24 600 km (4 x Maan)
- Massa 17.1 x Maan
- Etäisyys 30.1 AU
- Kiertoaika 165 vuotta
- Pyörähdysaika 16 h
- Pintalämpötila 72 K
- Akselin kaltevuus 28°
- 16 tunnettua kuuta, Triton ainoa iso



Maailmankaikkeus nyt 2026 Neptunus Voyager 2 -luotaimen kuvaamana

Neptunus

- Löytyi 1846
 - Ennustettu Uranuksen radan häiriöistä
 - Varhaisempiakin havaintoja, mutta luultiin tähdeksi
- Rakenne samanlainen kuin Uranuksella
- Kaasukehässä kovia myrskyjä, tuulennopeus jopa 600 m/s
 - ”Suuri tumma pilkku”, samankaltainen pyörremyrsky kuin Jupiterin punainen vastaava
- Ainoa ohilento Voyager 2 1989



Kuut

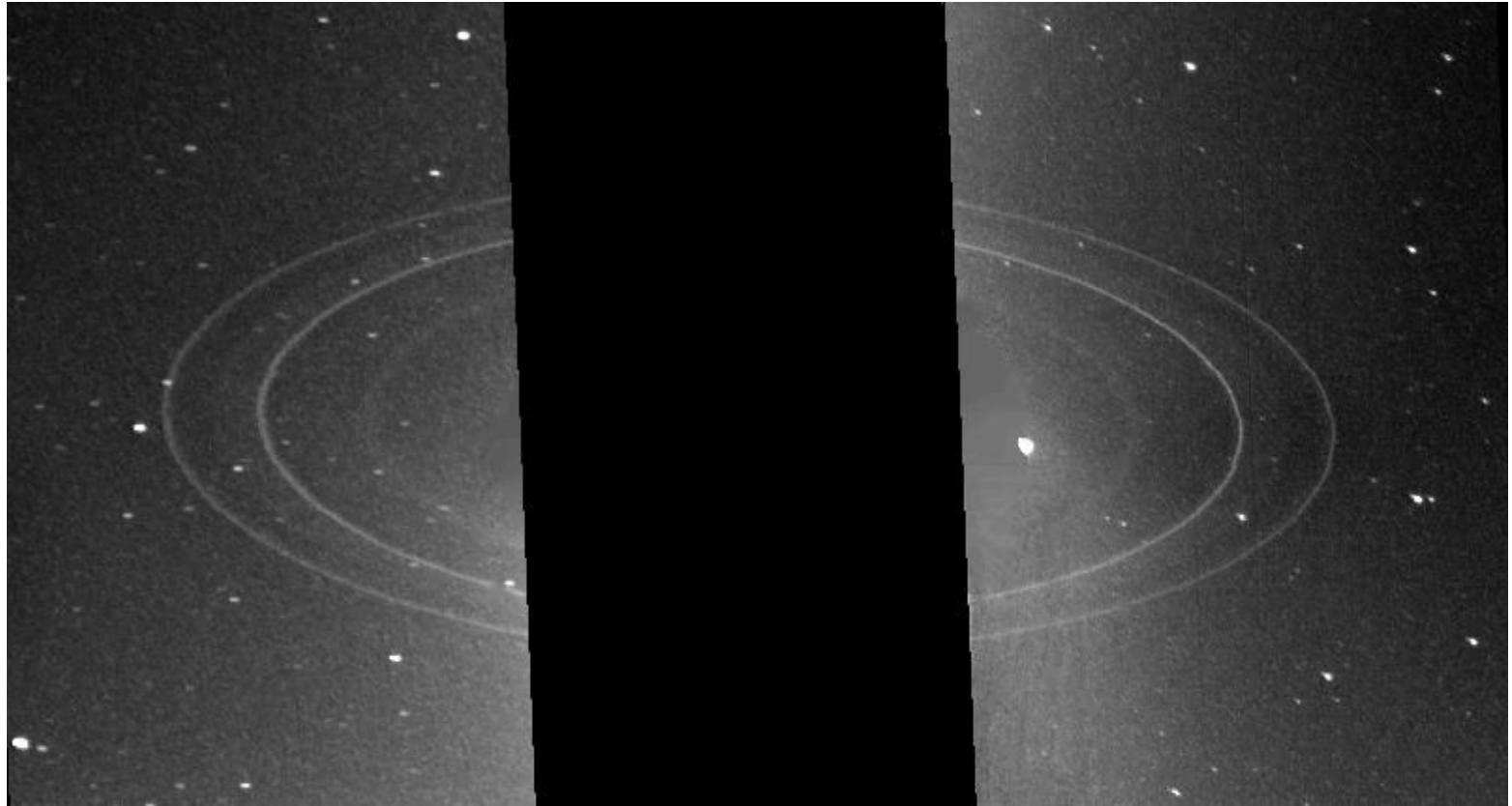
- Suurin kuu Triton
 - Hyvin samanlainen kappale kuin Pluto (kaapattu Kuiperin vyöhykkeen kappale?)
 - 99.5 % kuiden massasta
- Pienempiä mm. Nereid, Proteus, Thalassa



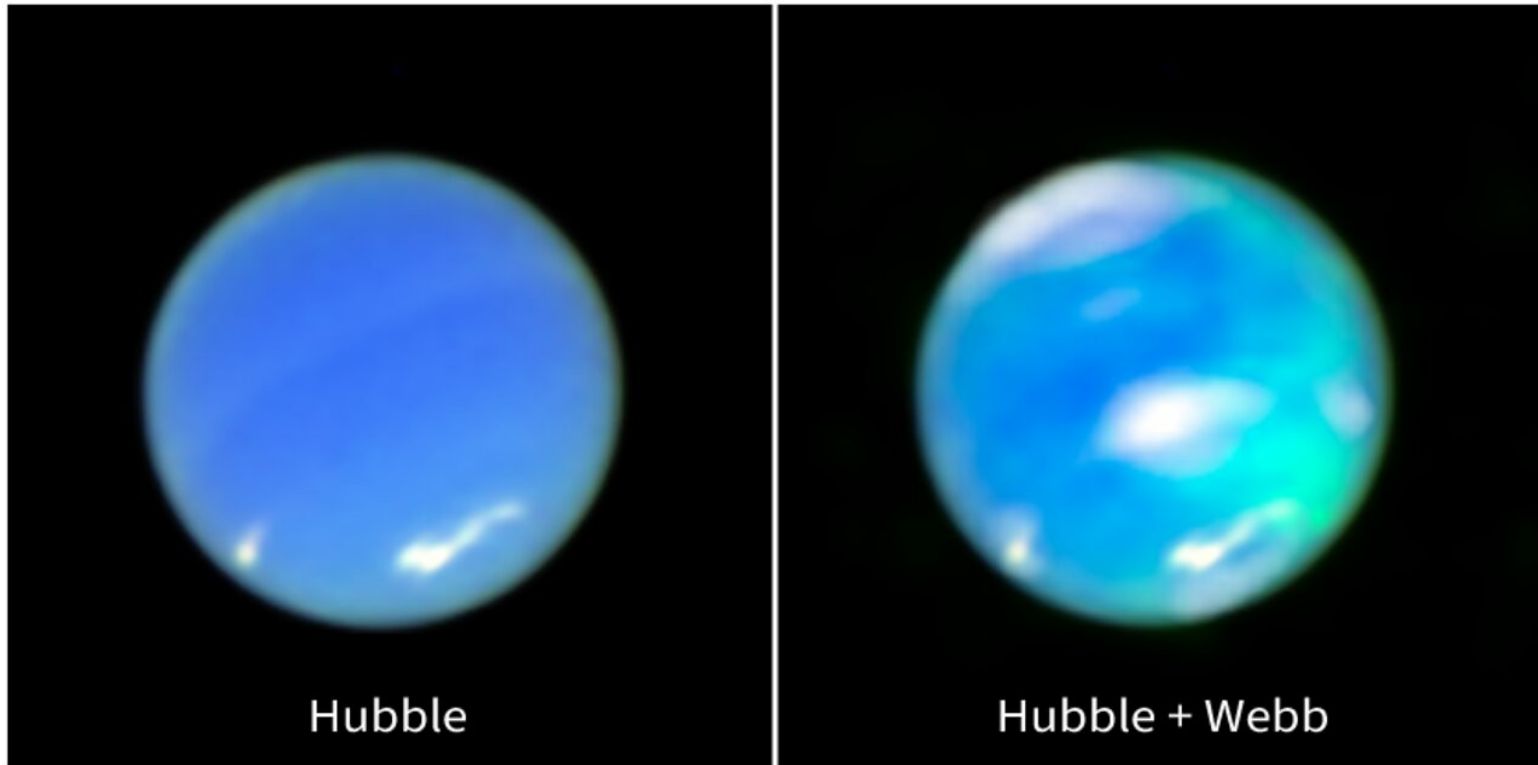
Triton Voyager 2 kuvassa

Renkaat

- 5 heikkoa rengasta
- Varmistuivat Voyager 2 ohilennon myötä 1989



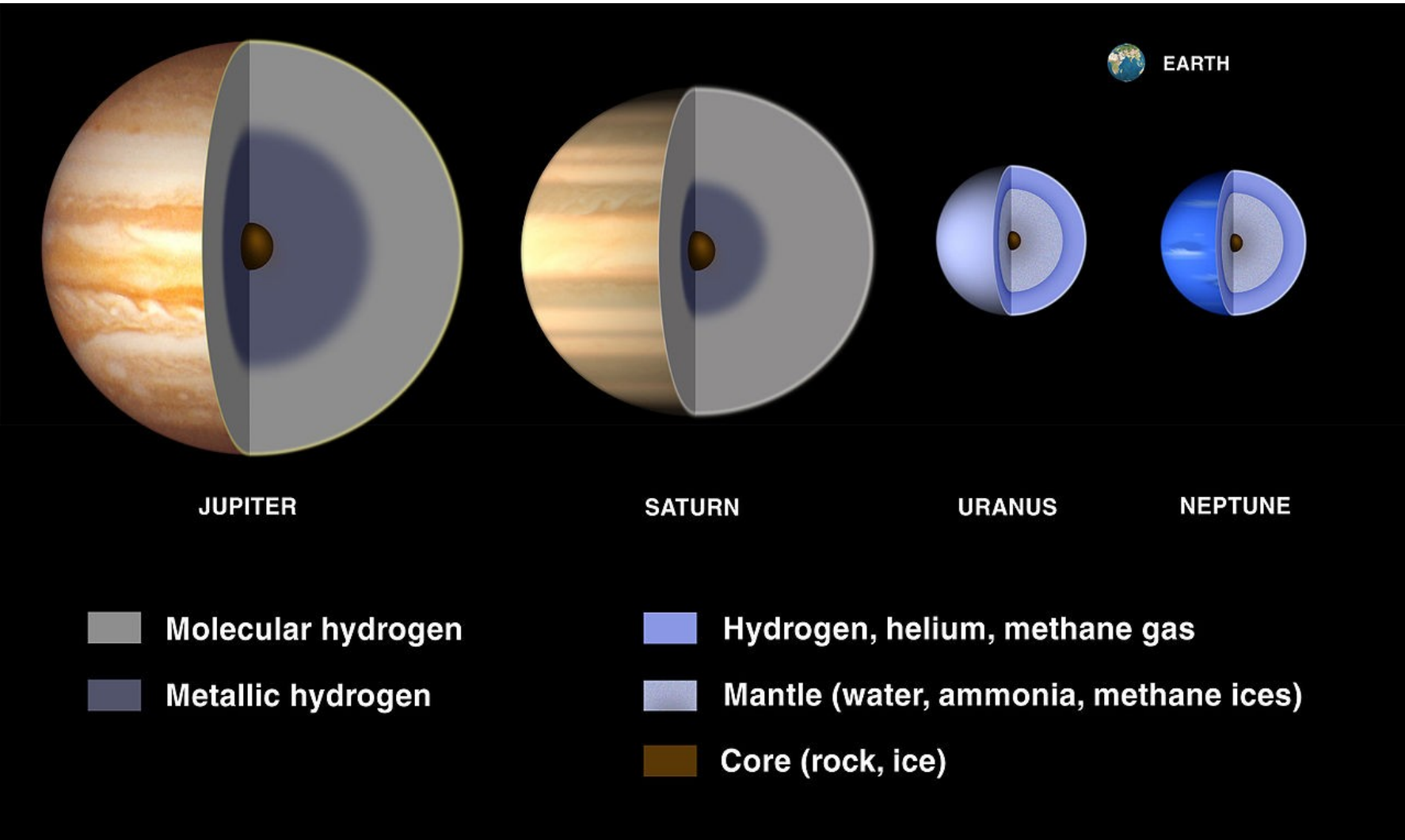
Maailmankaikkeus nyt 2026 Neptunuksen renkaat Voyager 2 -luotaimen kuvaamina

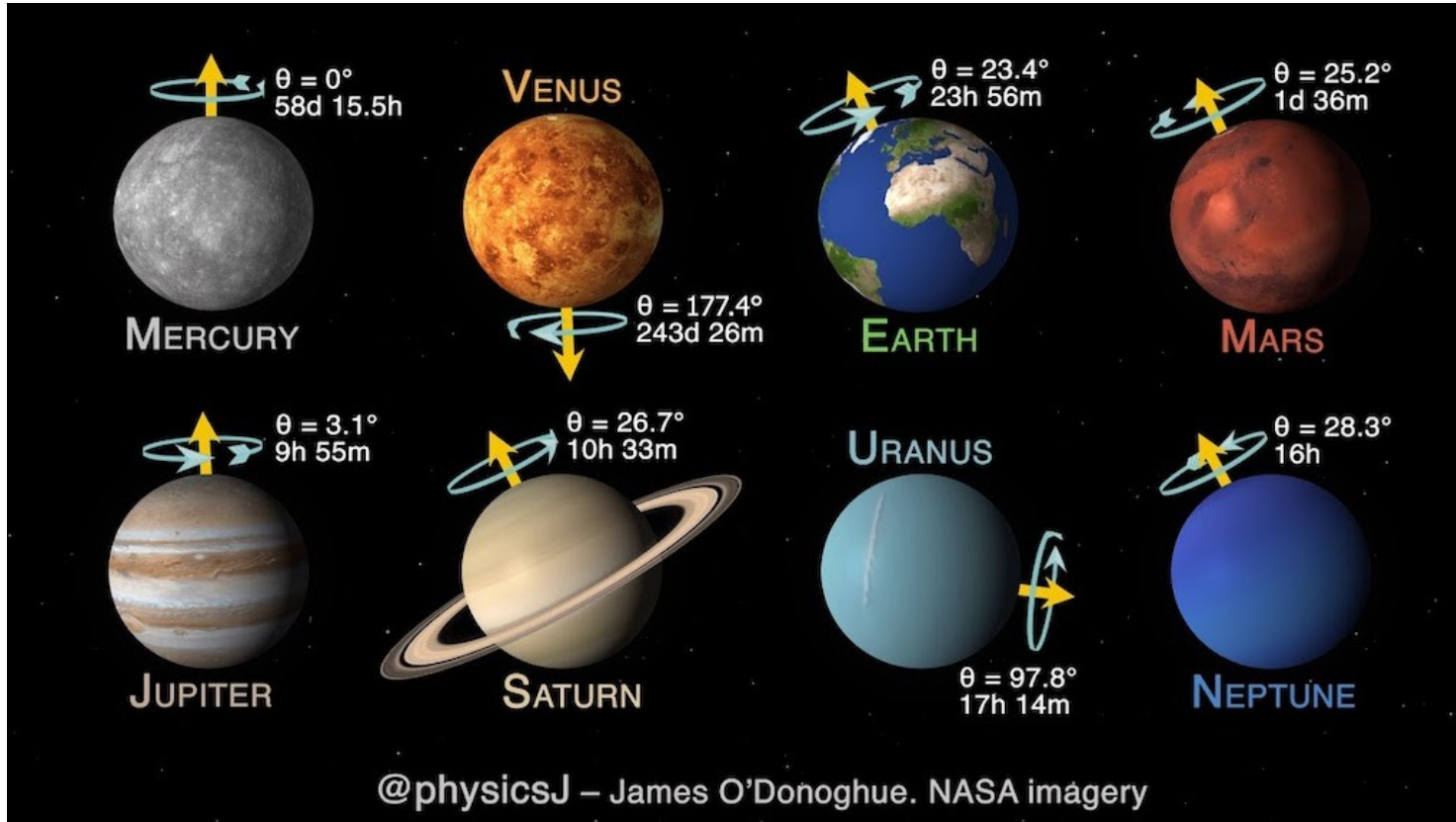


Neptunuksen revontulia. Koska planeetan magneettikenttä on vahvasti kallellaan pyörimisakselin suhteen, näkyy revontulia päiväntasaajankin lähellä.

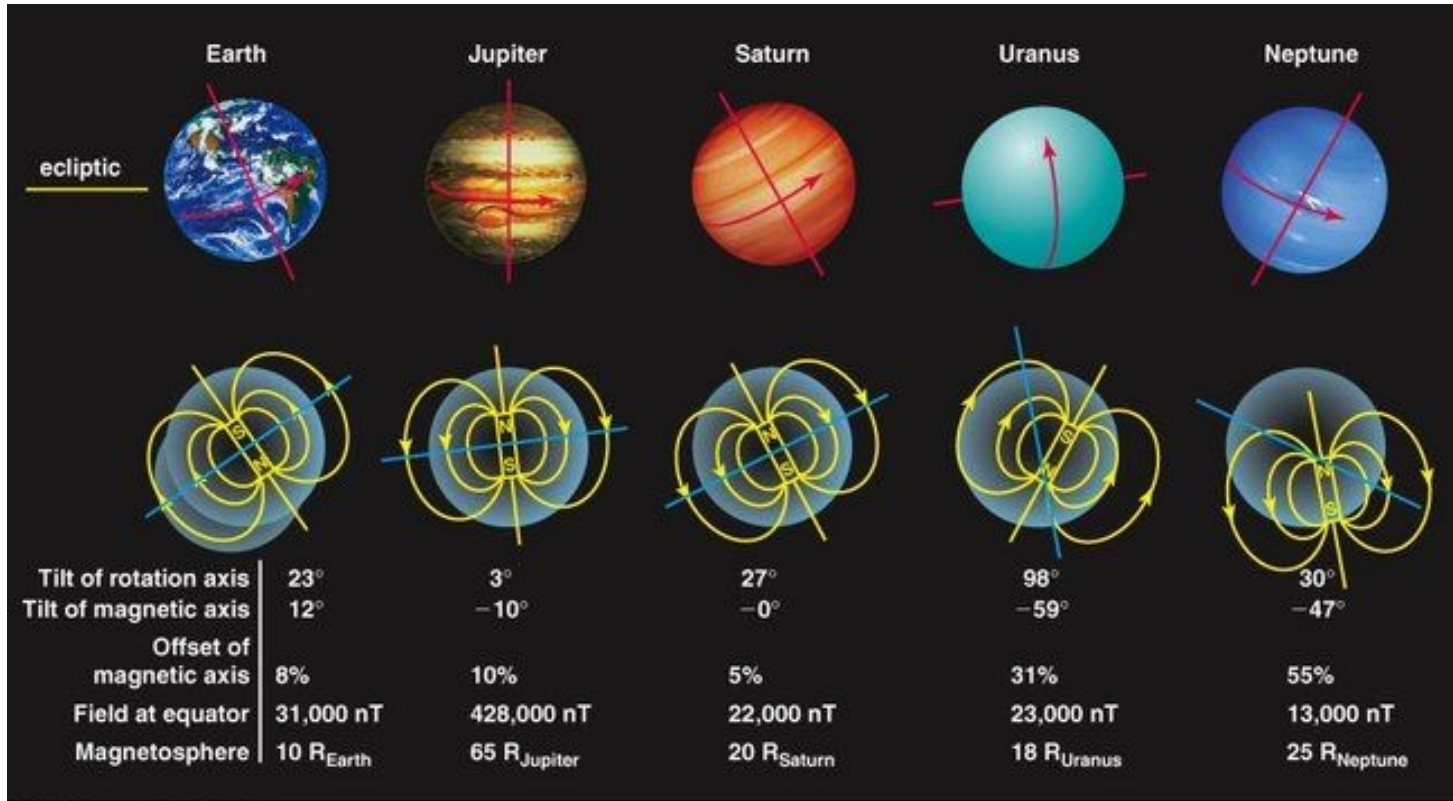
Miten näkyy 2026?

- Syksyllä iltataivaalla
- (Vaatii kaukoputken)





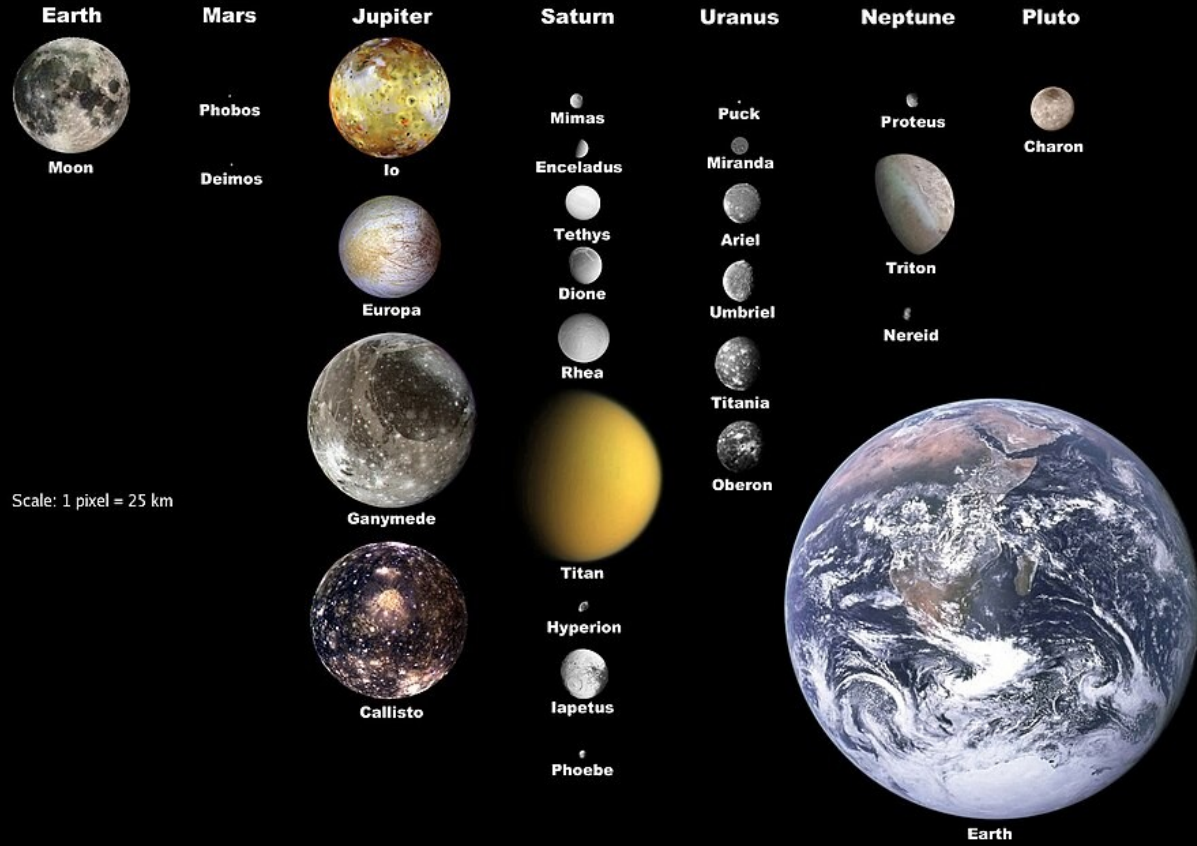
Maailmankaikkeus nyt 2026



© 2007 Thomson Higher Education

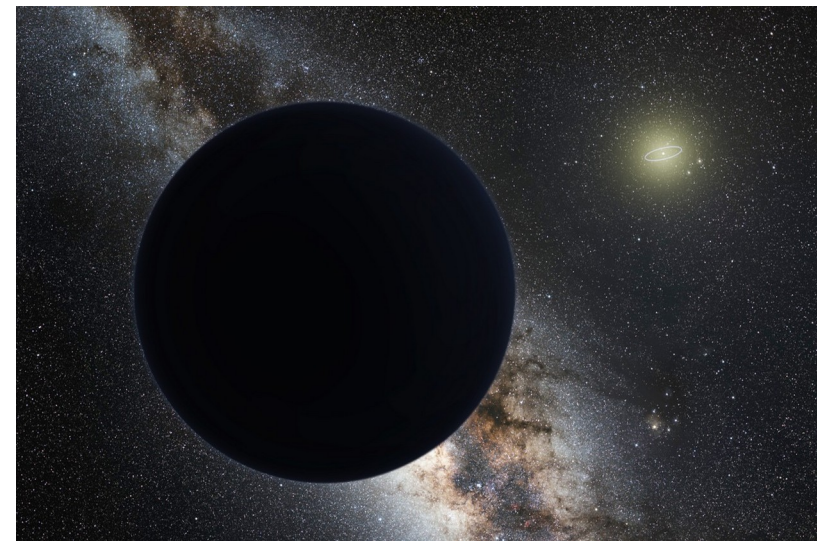
Maailmankaikkeus nyt 2026

Selected Moons of the Solar System, with Earth for Scale

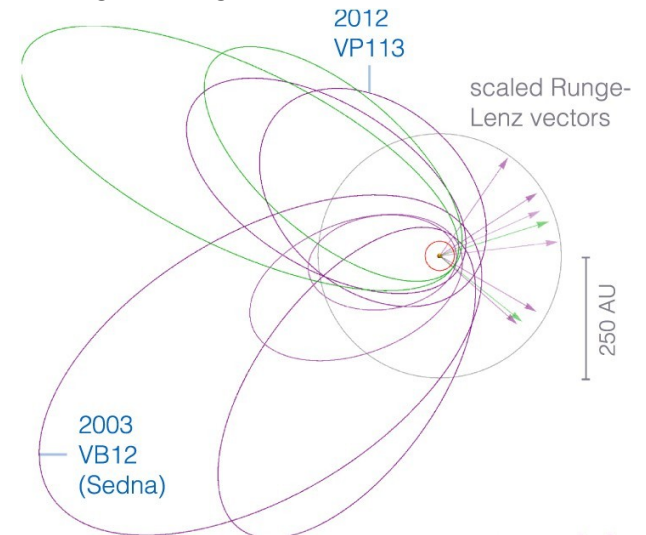


Planeetta 9?

- Hypoteettinen noin 4-10 Maan massainen planeetta kaukana Neptunuksen takana
- Ennustettu aurinkokunnan ulko-osien pienkappaleiden ratojen ryhmittymisen perusteella
- Etsinnöistä huolimatta mitään ei ole (vielä) löytynyt



Nagualdesign; Tom Ruen; ESO

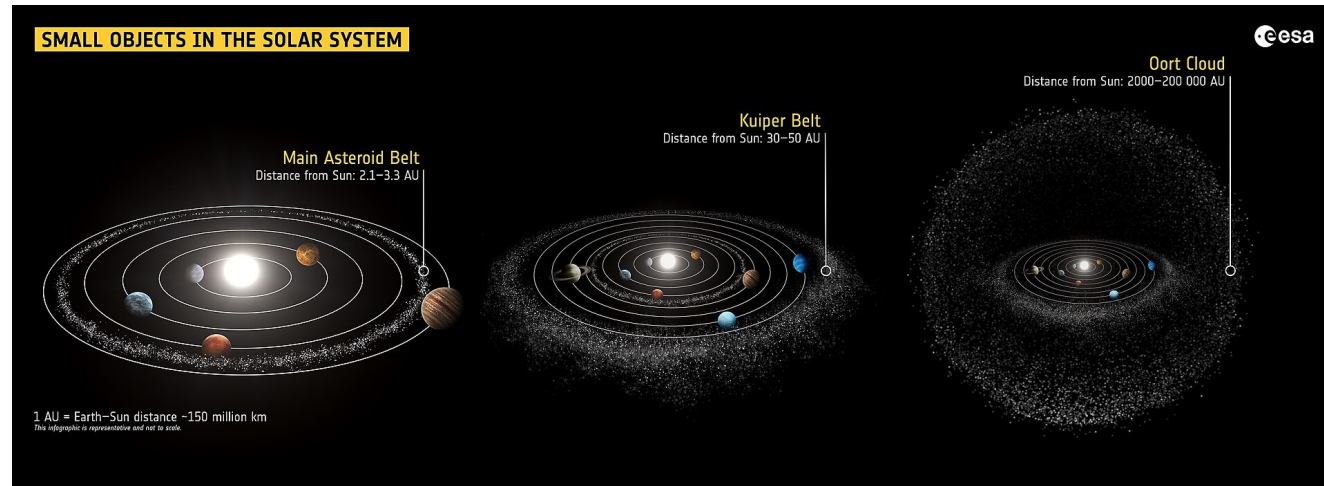


Maailmankaikkeus nyt 2026

Batygin & Brown (2016)

Pienkappaleet

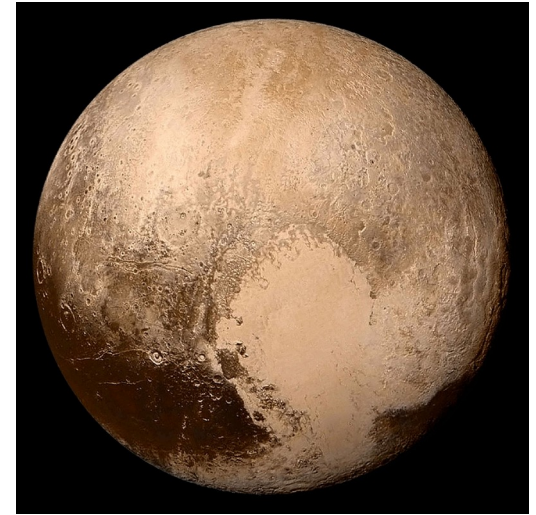
- Asteroidivyöhyke (päävyöhyke)
 - Marsin ja Jupiterin välissä
- Kuiperin vyöhyke
 - Neptunuksen radan takana, 30-50 AU
- Hajanainen kiekko
 - 35-100 AU
 - Osin päällekkäin Kuiperin vyöhykkeen kanssa, mutta kappaleet epäsäännöllisemmillä radoilla, eivät välttämättä samassa tasossa
- Oortin pilvi
 - Komeetan ytimiä, 2000 – 200 000 AU
- Troijalaiset (lähinnä Jupiterin)
 - Jakavat radan planeetan kanssa
- Pienempiä populaatioita muualla, NEOt (Near-Earth Object; tulevat Maan lähelle), Kentaurit (Jupiterin ja Neptunuksen välillä)
 - Kappaleet luultavasti peräisin Päävyöhykkeeltä tai Kuiperin vyöhykkeeltä



Pienkappaleiden päävyöhykkeet. Kuva ESA

Kääpiöplaneetat

- Uusi ryhmä määritelty 2006
 - Riittävän suuri, jotta painovoima on muovannut kappaleen pyöreäksi
 - Ceres
 - Löytyi 1801, pidettiin ensin planeettana, sitten (suurimpana) asteroidina
 - Pluto
 - Löytyi 1930, pidettiin pitkään planeettana
 - Kuiperin vyöhykkeen suurin kappale, etäisyys 30-50 AU
 - Suuri kuu Kharon, pienempiä Styx, Nix, Kerberos, Hydra
 - Eris
 - Löytyi 2005: Plutoa massiivisempi (joskin pienempi)
 - Hajanaisen kiekon kappale, 38-98 AU
 - Yksi kuu, Dysnomia
 - Haumea
 - Hyvin soikea (seurausta nopeasta pyörimisestä), rengas
 - Makemake
 - Luultavasti myös ainakin Quaoar, Sedna, Orcus, Gonggong
- Maailmankaikkeus nyt 2026



Pluto Hew Horizons -luotaimen kuvaamana 2015



Eris & Dysnomia. Nasa / ESA / M. Brown

Asteroidit

- Pääosin kivisiä kappaleita
- Tunnetaan 1541912 kpl (7.5.2026 – <https://www.minorplanetcenter.net/>)
 - 1 Ceres (nykyään luokitellaan kääpiöplaneetaksi), 2 Pallas, 3 Juno ja 4 Vesta löytyivät 1800-luvun alussa, sitten usean kymmenen tauko ennen kuin löytyi lisää
- Päävyöhyke Marsin ja Jupiterin välissä
- Kolme päätyyppiä: hiiliasteroidit (C-tyyppi, ~75% kaikista), kiviasteroidit (S-tyyppi) ja metalliasteroidit (X-tyyppi)
- Koostumus joko yhtenäistä kiveä tai ”sorakasa”
- Meteoroidi asteroidia pienempi kappale – ei tarkkaa määritelmää, raja vedetty usein noin 10 metriin

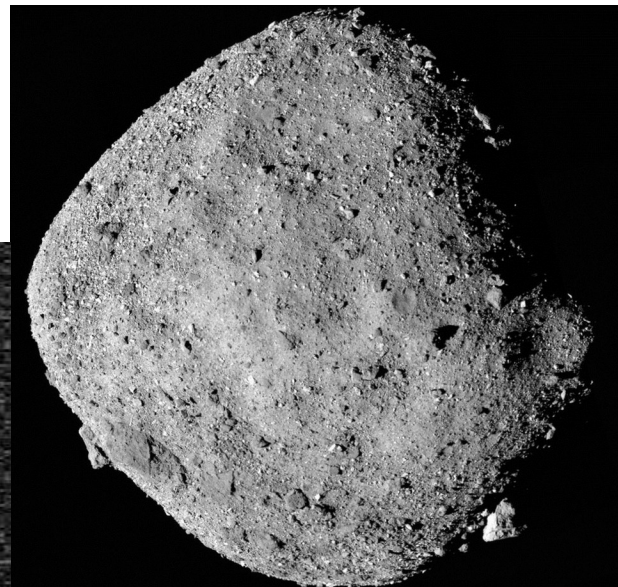
Asteroidit



243 Ida & Dactyl (Idan kuu)



4179 Toutatis tutkakuvasa



101955 Bennu

Maan lähelle tulevat kappaleet

- NEO/NEA (Near-Earth Object/Asteroid)
 - 41728 tunnettua (7.5.2026)
- Lähin ohitus Auringosta alle 1.3 AU
- PHO/PHA (Potentially Hazardous Object/Asteroid) – mahdollisen törmäysuhan aiheuttavat kappaleet, jotka tulevat radallaan lähemmäs Maata kuin noin 20 Kuun etäisyyttä, ja ovat kooltaan ainakin noin 100-metrisiä
- Löydetty 879 kpl yli 1 km kokoista NEOa, jotka voisivat aiheuttaa globaalia tuhoa
 - Löytyy enää harvakseltaan uusia, suurin osa jo löydetty (?)
- Yhdelläkään tunnetulla kappaleella ei törmäysriskiä
 - 2024 YR4 havaittiin lähiohituksessa 2024, aluksi ennustettiin pieni riski törmäykselle 2032, mutta tarkemmat havainnot ovat pudottaneet riskin käytännössä nolnaan (seuraava lähiohitus 2028 mahdollistaa vielä tarkempia havaintoja)

Komeetat

- Koostuvat pääosin vesijäästä
- Tunnetaan 4634 kpl (7.5.2026)
- Ydin, koma, pyrstö
 - Lähellä Aurinkoa säteily irrottaa ytimeistä kaasua ja pölyä, joka muodostaa "hunnun" kappaleen ympärille
- Radat usein hyvin soikeita
 - Aurinkokunnan ulko-osien kappale ajautunut sisäosiin
- Lyhytperiodiset (ratakierto alle 200 vuotta) peräisin Kuiperin vyöhykkeeltä / Hajanaisesta kiekosta
 - Radat suunnilleen planeettojen tasossa
- Pitkäperiodiset peräisin Oortin pilvestä
 - Ratakierto jopa miljoonia vuosia, radat satunnaisissa suunnissa
- Tunnettuja komeettoja mm. Halley (1986; 75 vuoden välein), Hale-Bopp (1997)

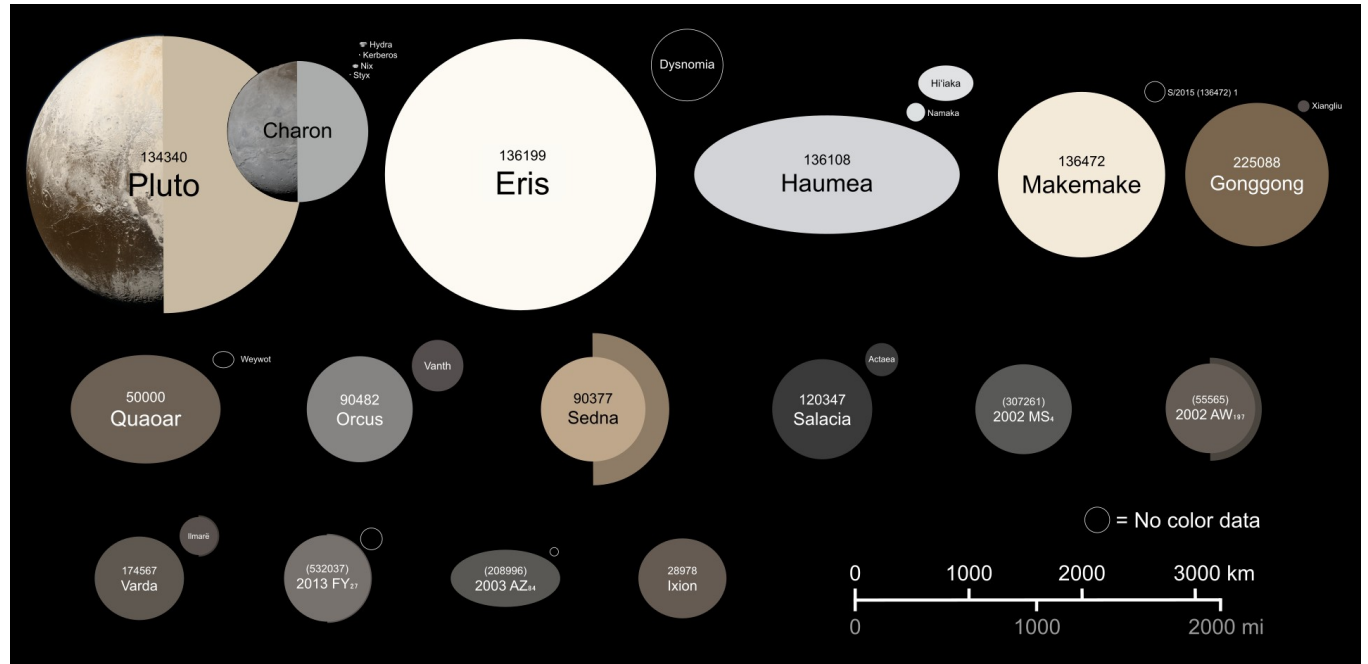
Maailmankaikkeus nyt 2026



Hale-Bopp vuonna 1997.
Kuva: Philipp Salzgeber.

Trans-Neptuniset kohteet

- Kuiperin vyöhyke, Hajanainen kiekko
- Kaukaisia kivistä ja/tai jäistä koostuvia kohteita, vaikea tutkia tarkasti
- Kaksois/ useampikertaiset kappaleet yleisiä
- Kaukana Auringosta säteily ei muokkaa pintaa, joten ovat muuttuneet hyvin vähän muodostumisensa jälkeen



Kuva: LunaTheSilly



New Horizons-luotain ohitti Arrokothin (ent. Ultima Thule) 2019 – kaukaisin kohde josta havaintoja paikan päältä, 43 AU:n etäisyydellä

Maailmankaikkeus nyt 2026

Meteorit/tähdenlennot

- *Meteoroidi* on Aurinkoa kiertävä pieni kivinen kappale
- *Meteori* maan ilmakehään osunut kappale, yleensä palaa ilmakehän kitkan kuumentamana ja näkyy tähdenlentonäköinä
 - Tyypillisesti hiekanjyvää pienempi
 - Suuremmat näkyvät tulipallona (*bolidi*), niistä voi päästä materiaalia maan pinnalle asti (*meteoriiitti*)
- Vuosittaiset tähdenlentoparvet, mm. Perseidit elokuussa sekä Geminidit joulukuussa



Geminidien tähdenlentoparven meteoreja. Kuva: Berkó Ernő

Törmäykset

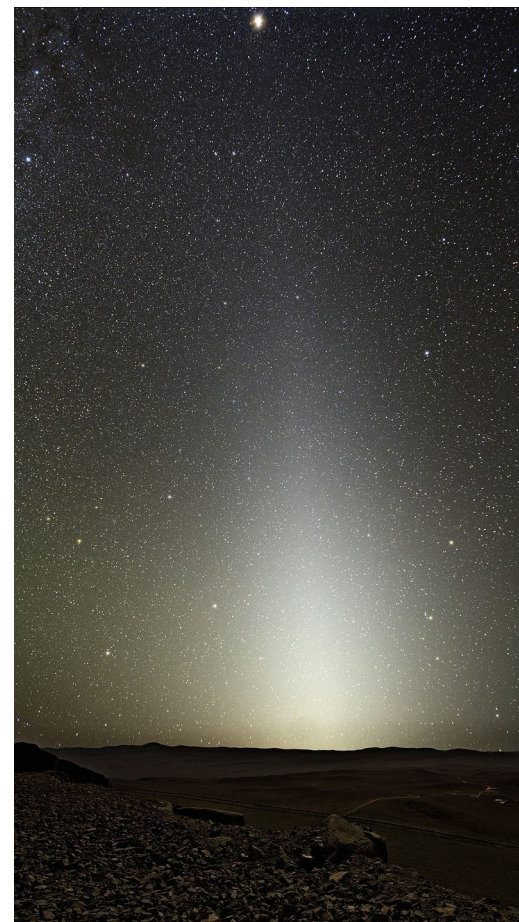
- Metrien kokoisia kappaleita törmää Maahan vuosittain, isommat harvinaisempia
- Joukkosukupuuton uhka 10 km kokoisilla, viimeksi 66 miljoonaa vuotta sitten
- DART-luotain testasi ensimmäisen kerran onnistuneesti asteroidin radan muuttamista 2022
- Törmäyksiä havaittu myös muihin kappaleisiin
 - Shoemaker-Levy 9

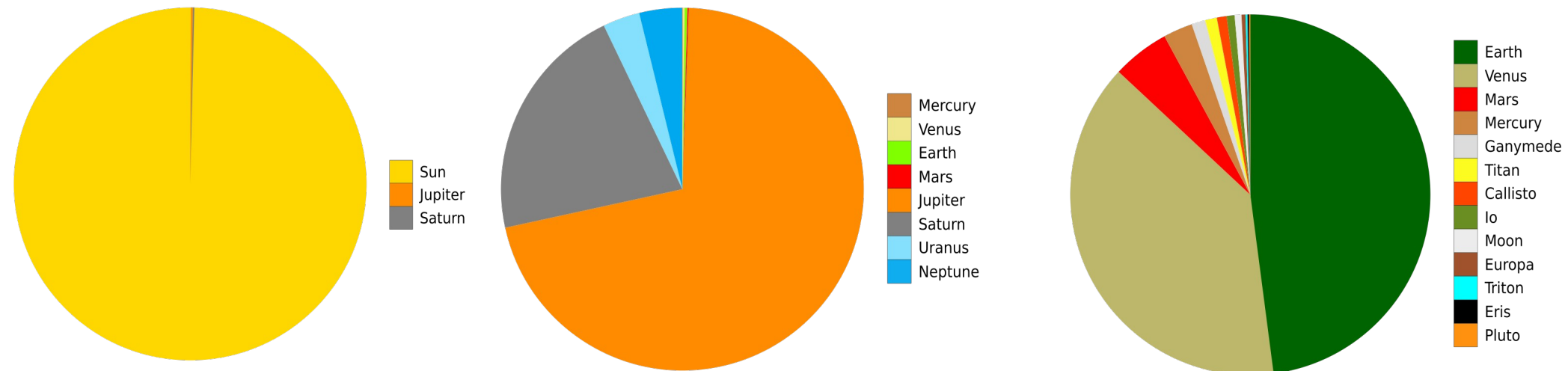


Shoemaker-Levy 9 komeetan törmäysjälkiä Jupiterissa 1994. Kuva: NASA.

Eläinratavallo

- Aurinkokunnan tason pienhiukkaset heijastavat Auringon valoa, joka on nähtävissä hämärän aikaan alueilla, missä ratataso on riittävän suuressa kulmassa horisonttiin
 - Suomessa haastavaa





Aurinkokunnan kappaleiden massat vertailussa. Kuvat: Das steinerne Herz

Aurinkokunnan ulkopuoliset kappaleet

- Kolme aurinkokunnan ulkopuolelta tullutta kappaletta havaittu
 - 1I/Oumuamua: 2017, asteroidin kaltainen, hyvin soikea
 - 2I/Borisov: 2019, komeetan kaltainen
 - 3I/ATLAS: 2025, komeetan kaltainen
- Arvioiden mukaan nämä ovat suhteellisen yleisiä
- Todennäköisesti myös aurinkokunnan ulkopuolelta tulleita meteoreja
 - Data ollut usein sotilaskäytössä, eikä tutkijoiden vapaasti saatavilla
 - Kokotaivaskamerat, Ursan tulipalloryhmä



1I/Oumuamua (ylhällä) & Borisov (alhaalla).
Kuvat: ESO / M. Kornmesser & NASA.

