Ledinių kūnų pasaulis

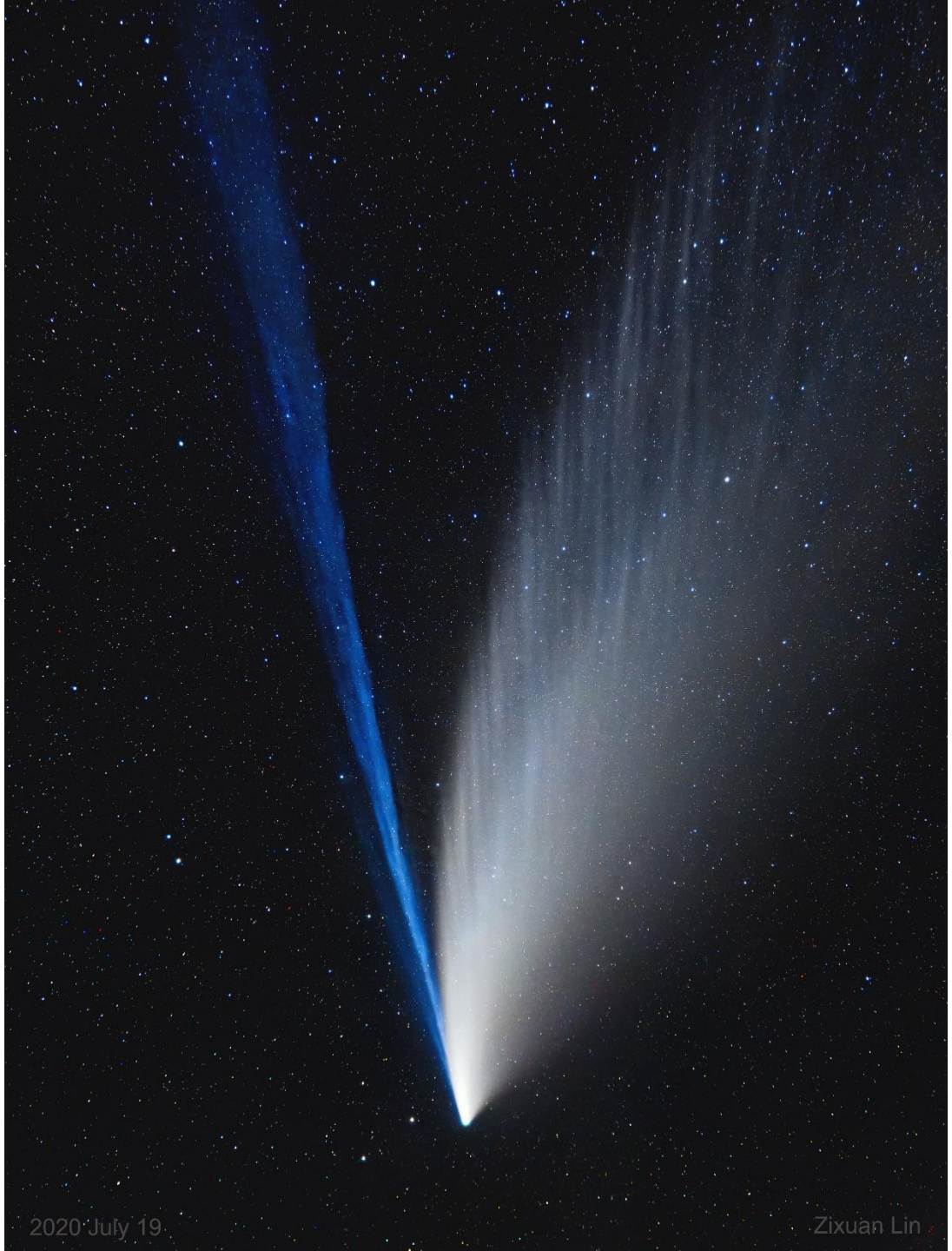
Dr. Renata Minkevičiūtė,

Vilniaus universitetas, Teorinės fizikos ir astronomijos institutas

© Kazimieras Černis

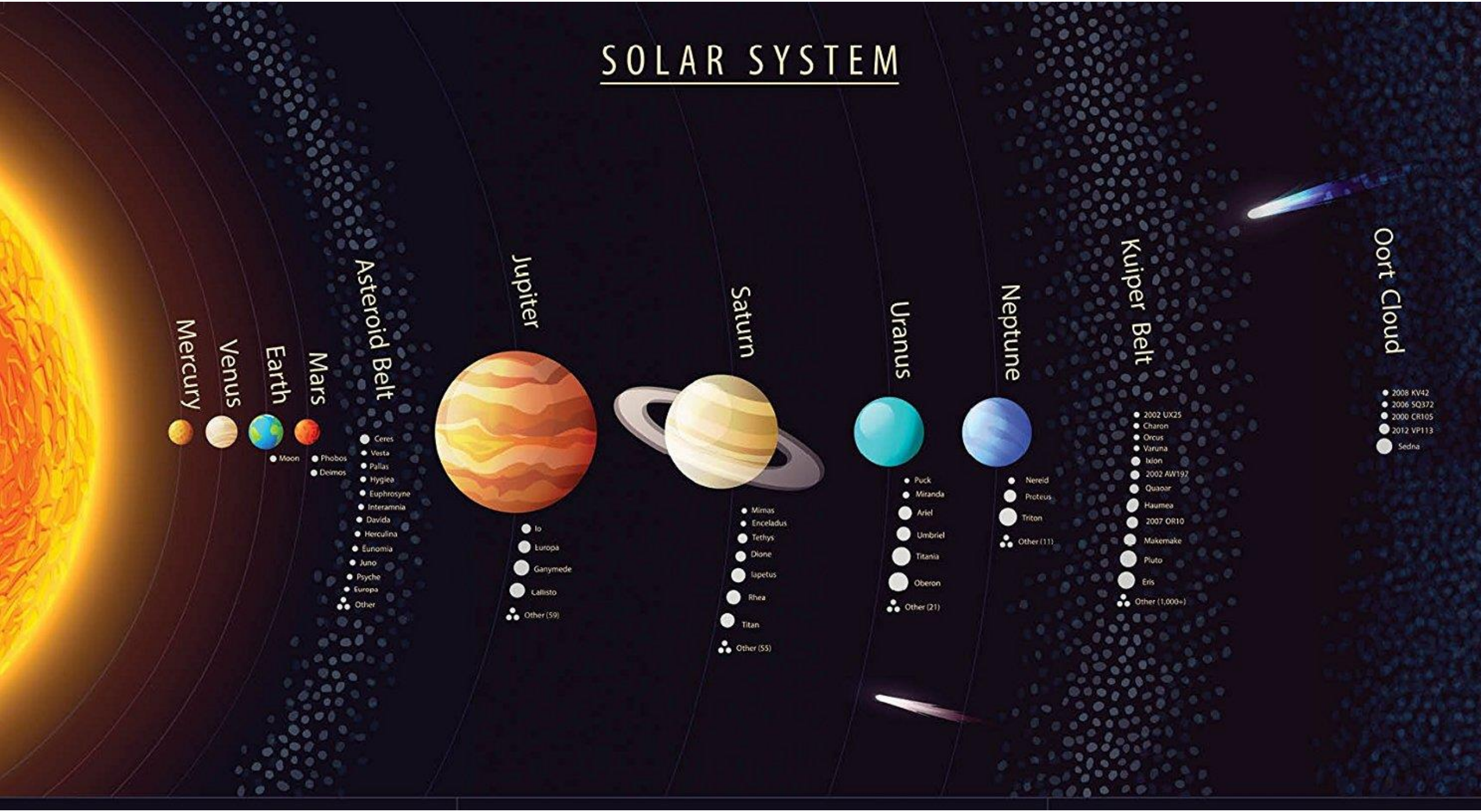
© Erika Pakštienė

C/2020 F3 (NEOWISE) kometa. Nuotraukoje apjungta ir skaitmeniškai apdorota 40 ekspozicijų, nufotografuotų tamsiu dangumi pasižyminčioje Gobi dykumoje, besidriekiančioje Mongolijos pietuose ir Kinijos šiaurėje (© Zixuan Lin, Beijing Normal University).

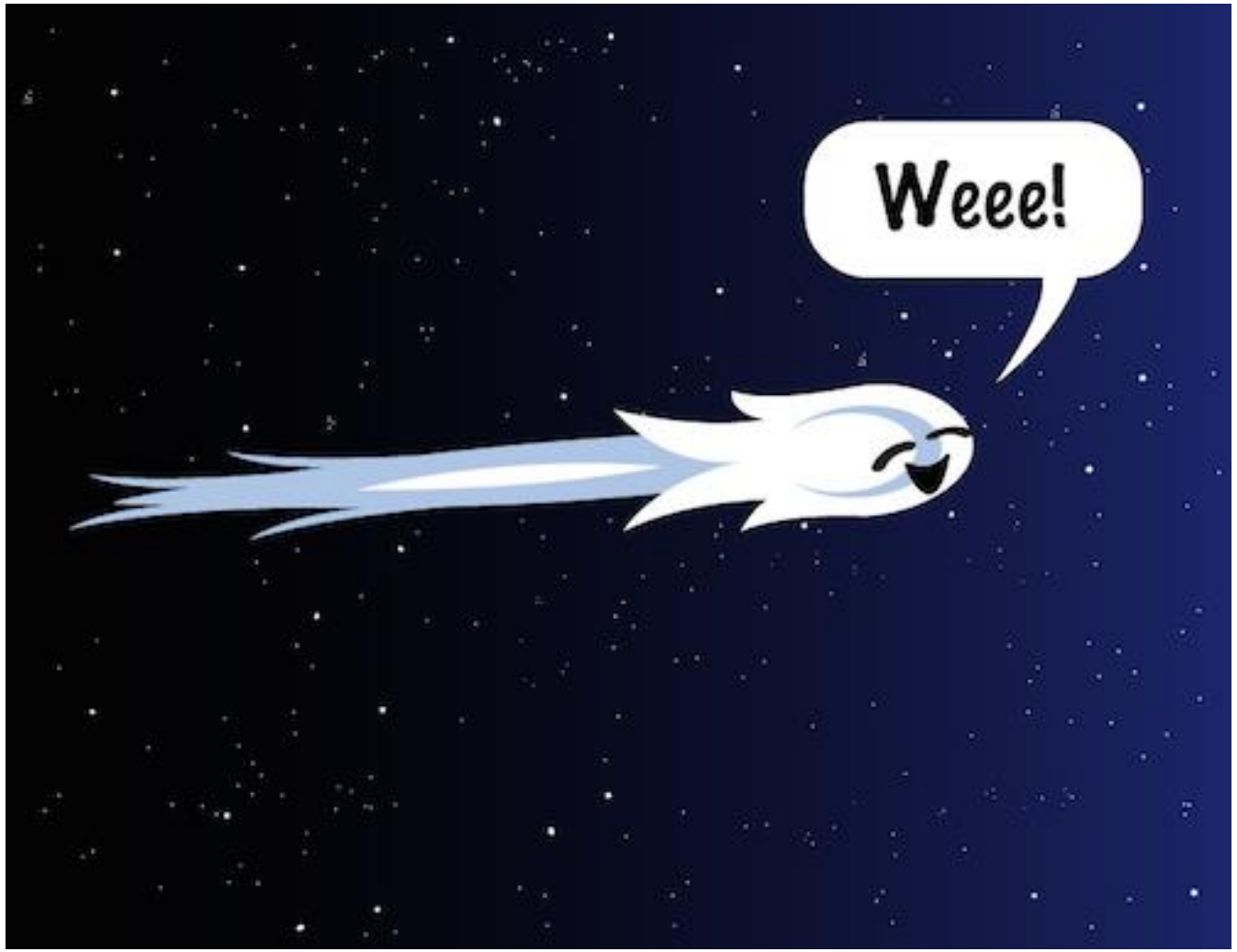


Apie ką kalbėsime?

- Kas yra kometos ir iš kur jos atsiranda?
- Koiperio juosta
- Nykštukinės planetos


SOLAR SYSTEM
Mercury
Venus
Earth
Moon
Mars
Phobos
Deimos
Asteroid Belt
Ceres
Vesta
Pallas
Hygiea
Euphrosyne
Interamnia
Davida
Herculina
Eunomia
Juno
Psyche
Europa
Other
Jupiter
Io
Europa
Ganymede
Callisto
Other (59)
Saturn
Mimas
Enceladus
Tethys
Dione
Iapetus
Rhea
Titan
Other (55)
Uranus
Puck
Miranda
Ariel
Umbriel
Titania
Oberon
Other (21)
Neptune
Nereid
Proteus
Triton
Other (11)
Kuiper Belt
2002 UX25
Charon
Orcus
Varuna
Ixion
2002 AW197
Quaoar
Haumea
2007 OR10
Makemake
Pluto
Eris
Other (1,000+)
Oort Cloud
2008 KV42
2006 SQ372
2000 CR105
2012 VP113
Sedna

Kometos



a.

b.

c.

a. Kometa C/2006 P1 McNaught, 2007 m. sausio mėn., netikėtai tapo ryškiausia kometa per pastaruosius 40 metų. (© S. Deiries/ESO)
b. Kometa C/1995 O1 Hale-Bopp, 1997 m. kovo 14 d. (© ESO/E. Slawikas)
c. Bayeux gobeleno scena, kurioje vyrai spokso į Halio kometą (c1066). Tai yra pirmasis žinomas kometos paveikslas.

1513-1596 m.

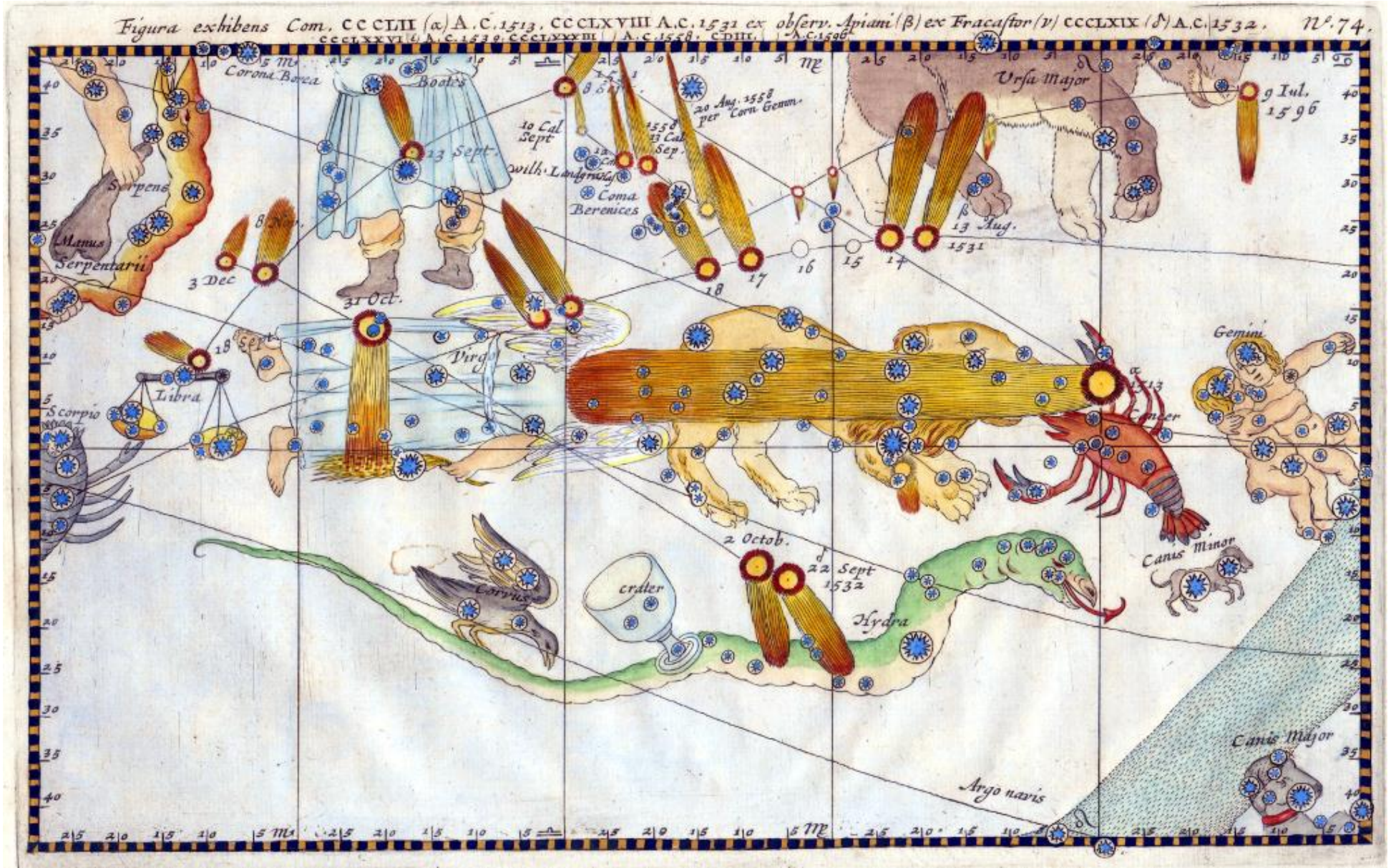
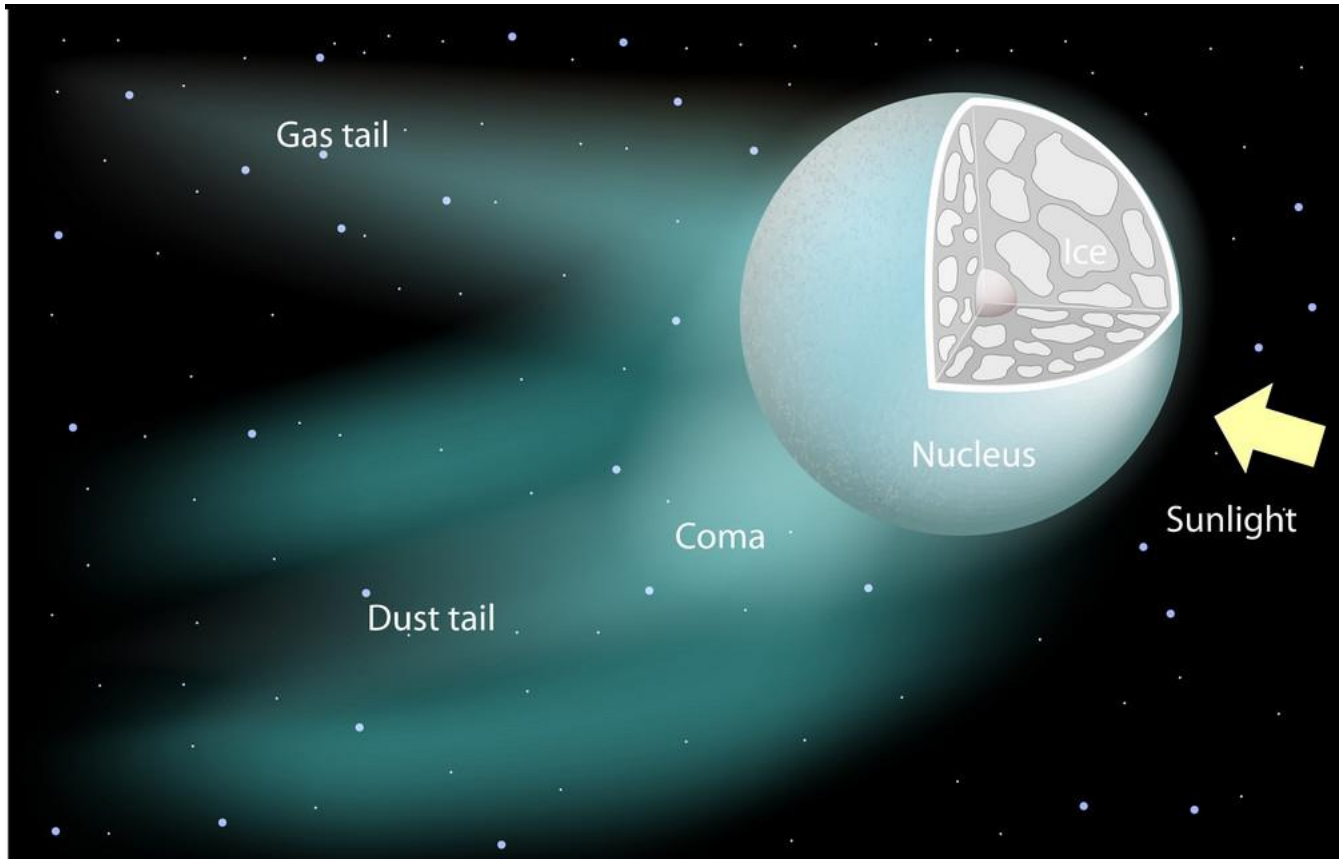


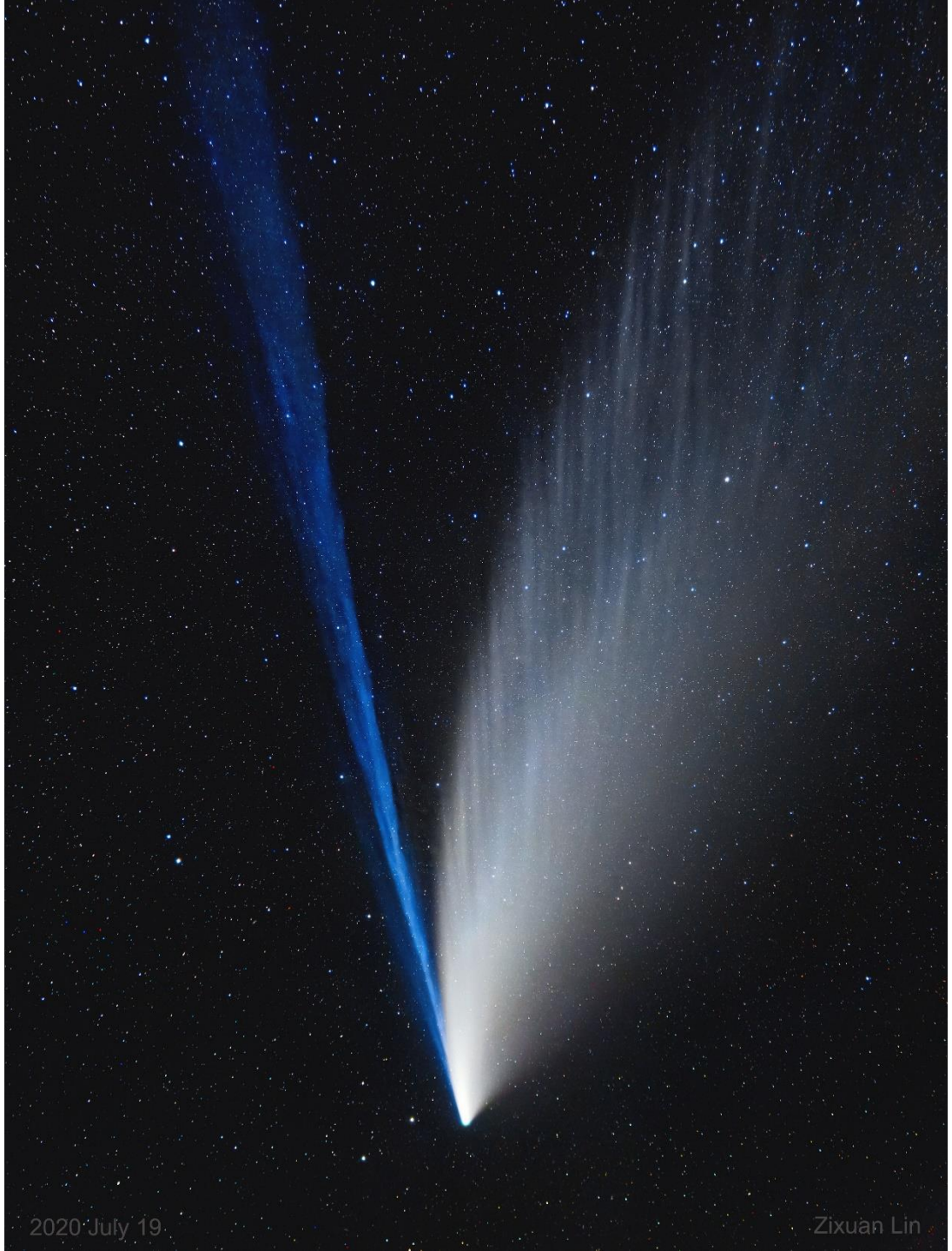
Figura exhibens Com. CCCLII (α) A.C. 1513. CCCLXVIII A.C. 1531 ex observ. Apiani (β) ex Fracastor (γ) CCCLXIX (δ) A.C. 1532.
Nº. 74.
Corona Borea
Boötes
Serpens
Manus Serpentarii
Ursa Major
9 Iul. 1596
10 Cal Sept
13 Sept.
20 Aug. 1558 per Corn Gemm.
Coma Berenices
13 Aug. 1531
3 Dec
31 Oct.
Virgo
Libra
Scorpio
Gemini
Cancer
Canis Minor
2 Octob.
22 Sept 1532
Hydra
Corvus
crater
Canis Major
Argo navis

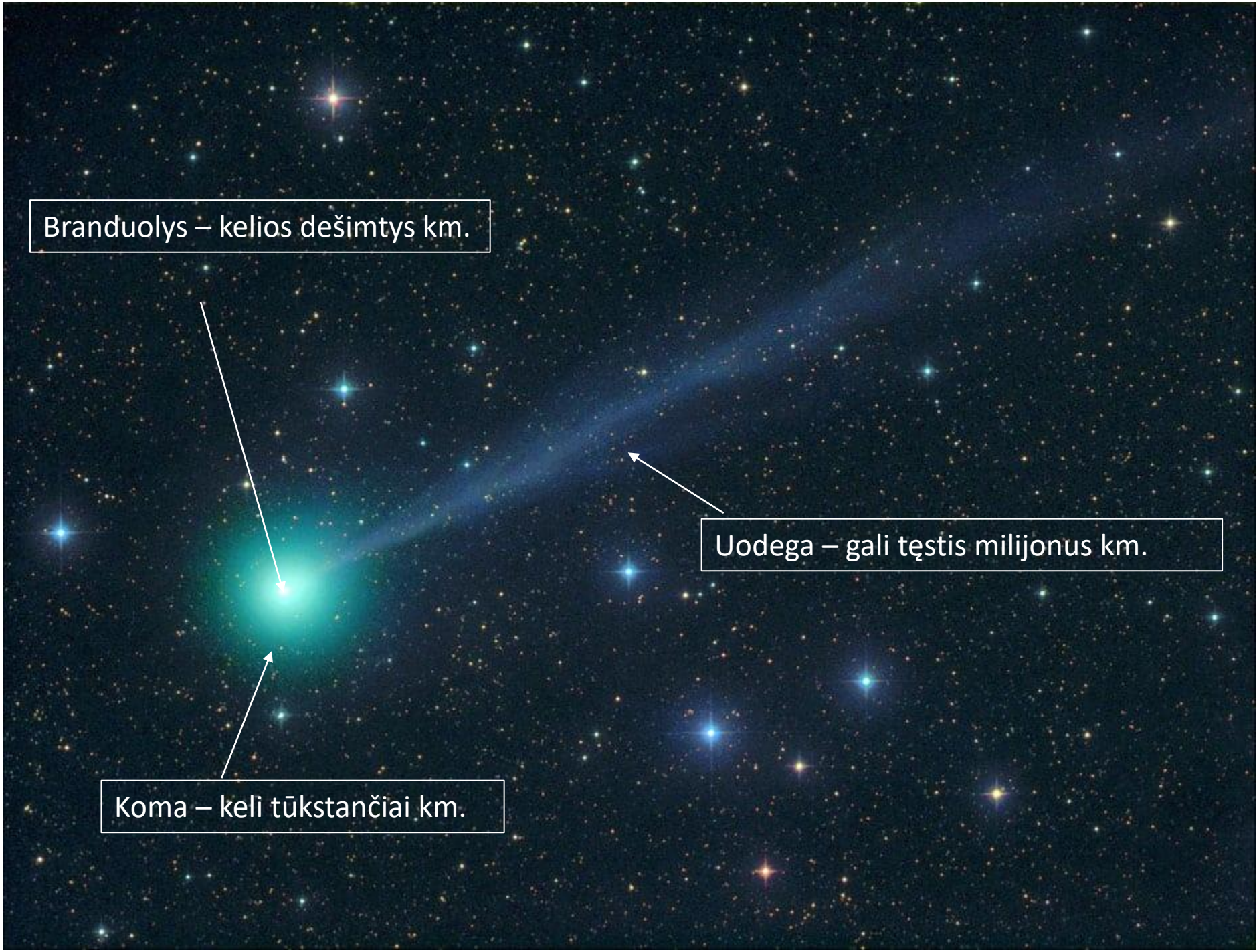
Kometos

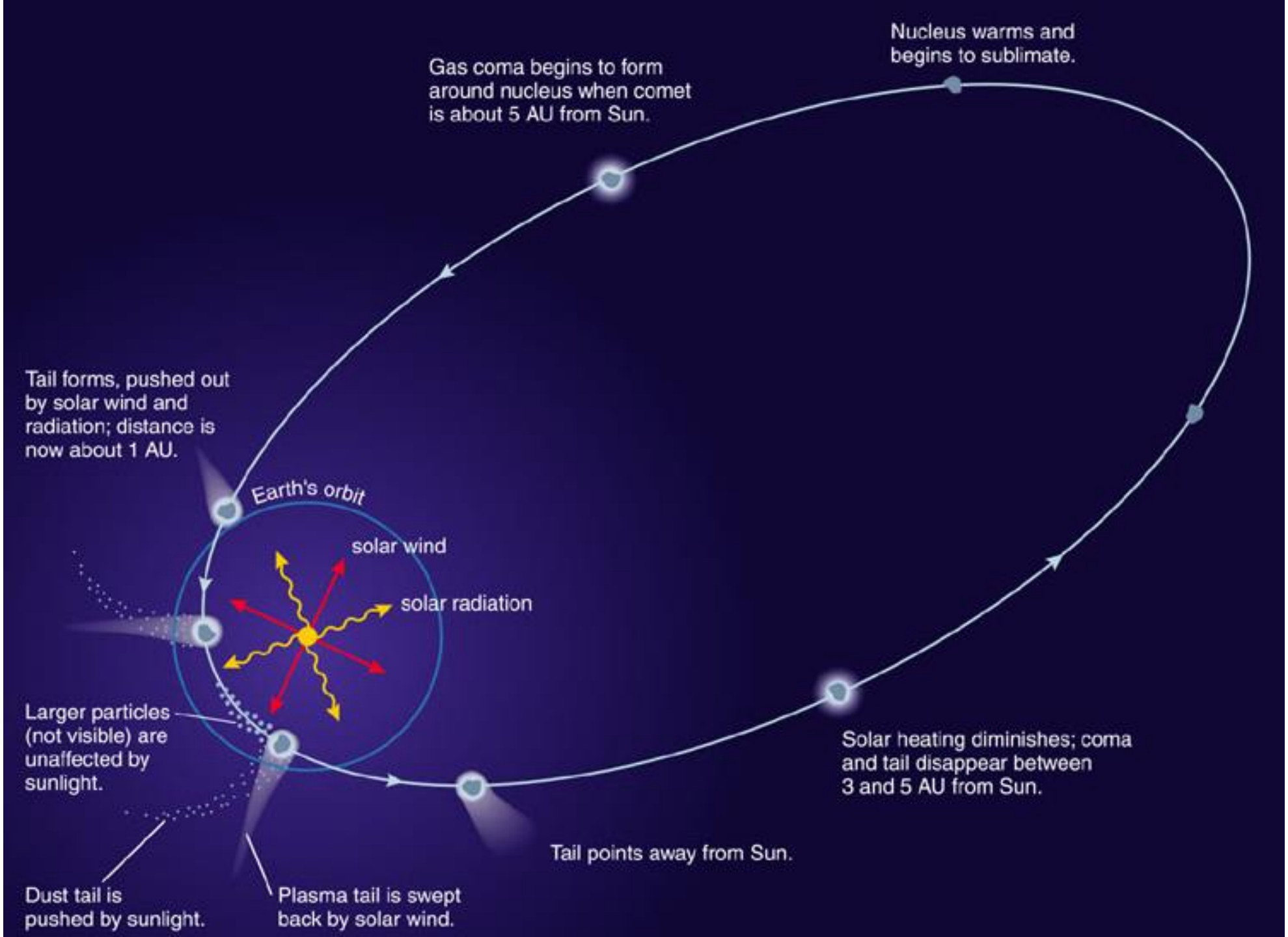
- Tai nedideli, trapūs, netaisyklingos formos kūnai, sudaryti iš dulkių ir metano, amoniako ir vandens ledo.
- Koiperio juostoje sukasi milijonai tokių kūnų. Sunkio jėgos kartais juos išstumia į orbitas, nukreiptas artėti prie Saulės. Tuomet tokie kometoidai tampa trumpo periodo kometomis.
- Saulę apskrieja per mažiau nei 200 metų. Jų pasirodymą galima prognozuoti.
- Kometa turi mažą užšalusį branduolį, dažnai ne didesnį kaip keli km skersmens. Kometa sušyla priartėjus prie Saulės ir sukuria atmosferą arba komą, nes ledas pradeda tirpti ir garuoti. Saulės vėjo slėgis gali nupūsti komos dulkes ir dujas, kartais sudarydamas ilgą, ryškią uodegą. Kometos iš tikrųjų turi dvi uodegas: dulkių uodegą ir dujų.
- Dauguma kometų saugiu atstumu prasilenkia su Saule. Tačiau kai kurios kometos patenka tiesiai į Saulę arba būna taip arti, kad suskyla ir išgaruoja.

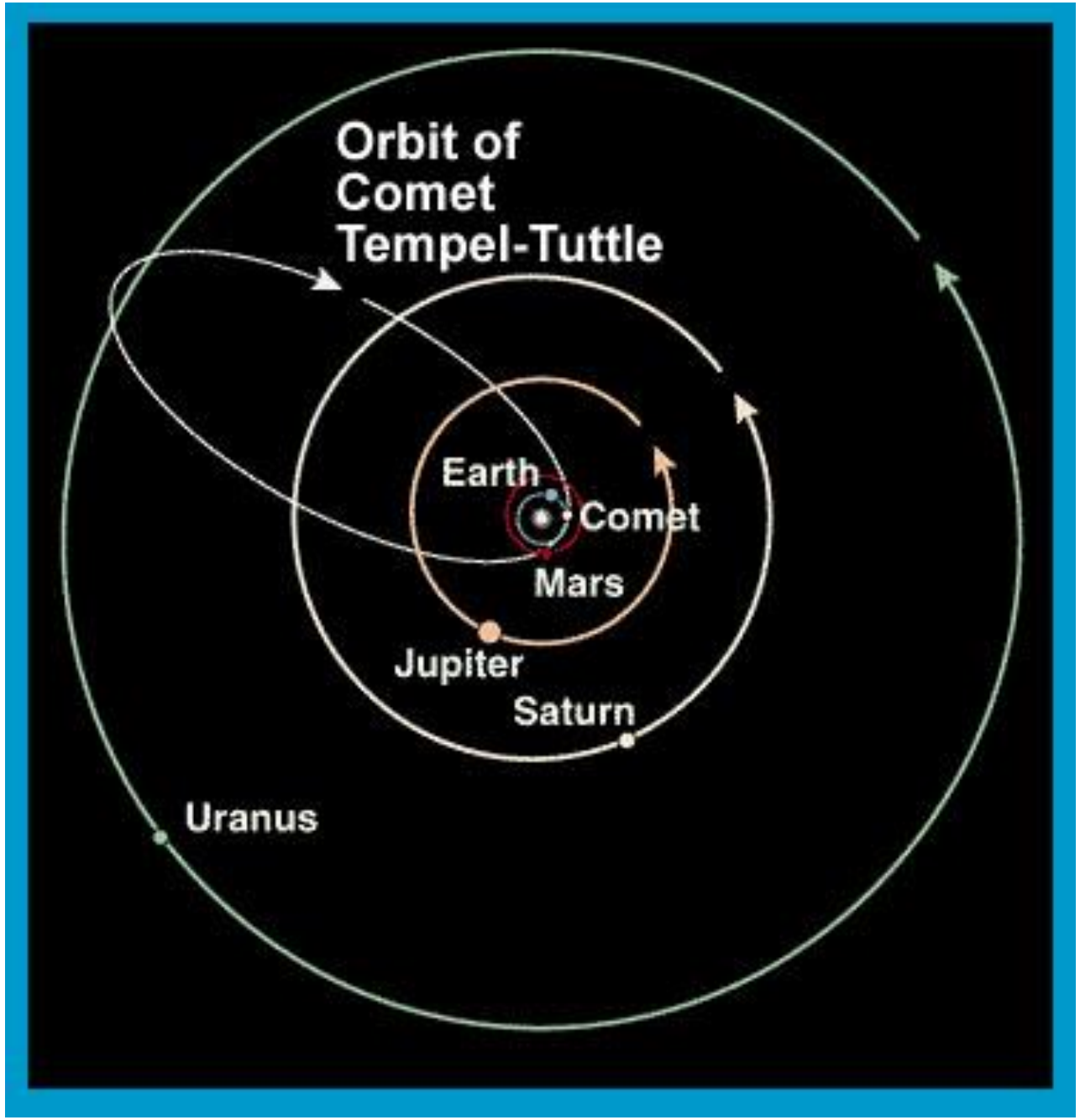


C/2020 F3 (NEOWISE) kometa. Nuotraukoje apjungta ir skaitmeniškai apdorota 40 ekspozicijų, nufotografuotų tamsiu dangumi pasižyminčioje Gobi dykumoje, besidriekiančioje Mongolijos pietuose ir Kinijos šiaurėje (© Zixuan Lin, Beijing Normal University).

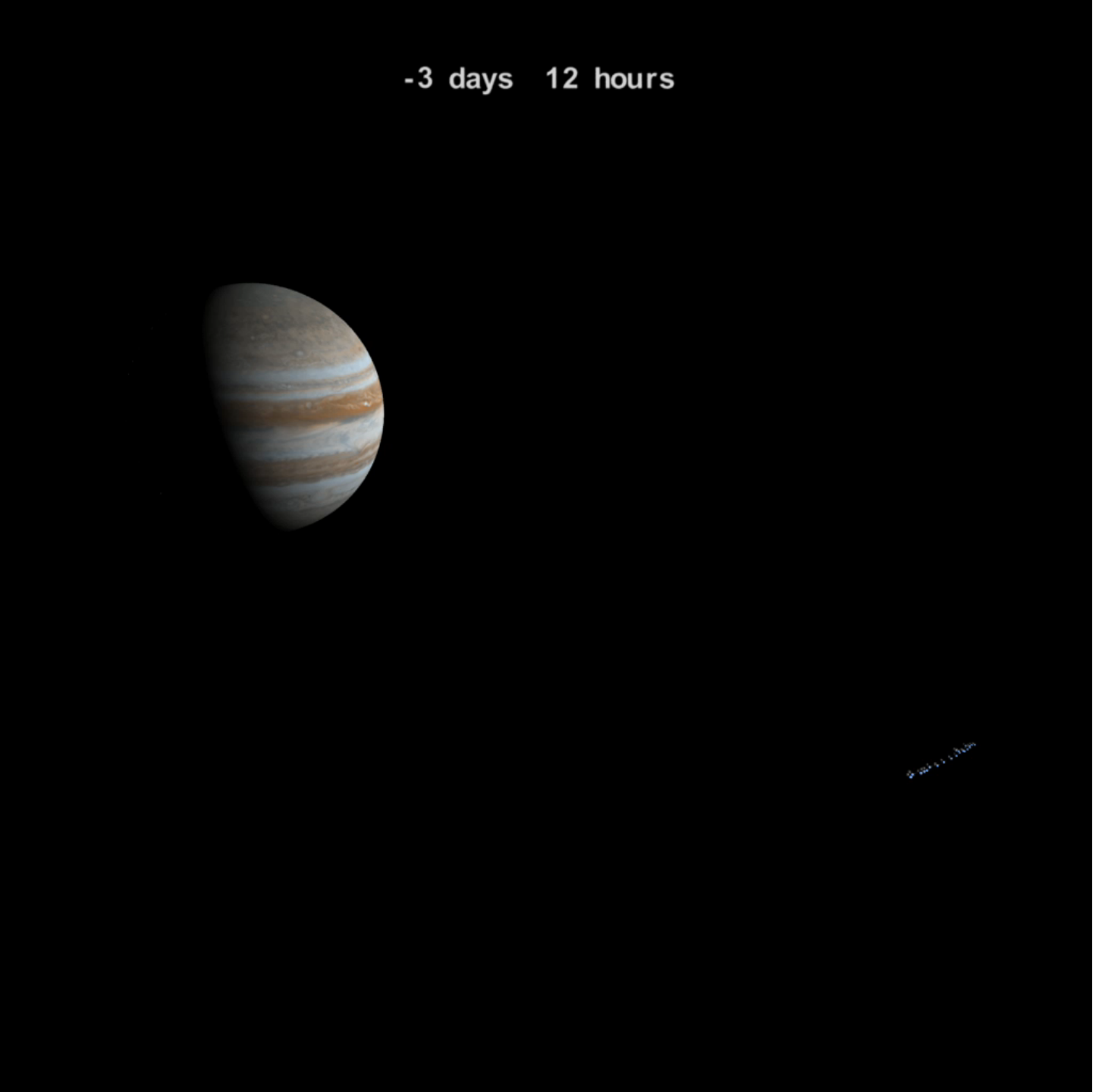



Branduolys – kelios dešimtys km.
Uodega – gali tęstis milijonus km.
Koma – keli tūkstančiai km.


Nucleus warms and begins to sublimate.
Gas coma begins to form around nucleus when comet is about 5 AU from Sun.
Tail forms, pushed out by solar wind and radiation; distance is now about 1 AU.
Earth's orbit
solar wind
solar radiation
Larger particles (not visible) are unaffected by sunlight.
Solar heating diminishes; coma and tail disappear between 3 and 5 AU from Sun.
Tail points away from Sun.
Dust tail is pushed by sunlight.
Plasma tail is swept back by solar wind.



Leonidų (lapkričio 17-18 d.) pagrindinio objekto, kometos Tempel-Tuttle, orbitos projekcija ekliptikos plokštumoje (t. y. plokštumoje, kurioje Žemė skrieja aplink Saulę). Nurodytos planetų ir kometos padėtys, kurios buvo 1998 m. vasario 28 d., kuomet kometa buvo arčiausiai Saulės.

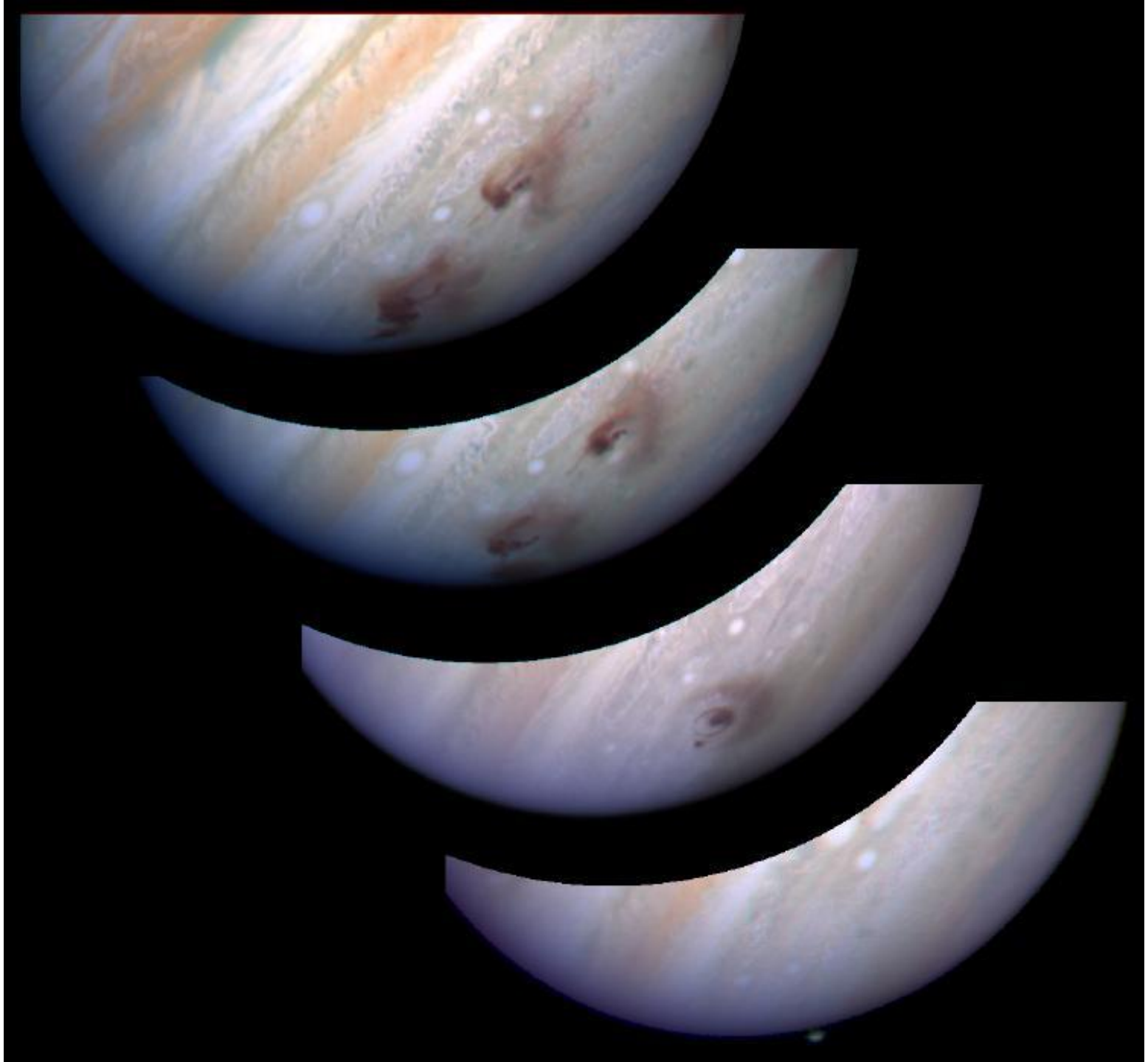


Šaltinis: NASA / Goddardo kosminių skrydžių centro mokslinės vizualizacijos studija
Paskelbta: 2019 m. birželio 18 d
Istorinė data: 2009 m. rugsėjo 21 d

Ši vizualizacija rodo pagrindinius kometos „Showmaker-Levy 9“ fragmentus, susidūrusius su Jupiteriu 1994 m.

Smūgiai įvyko per maždaug 6 Žemės dienas, todėl Jupiteris (kuris sukasi maždaug kartą per 10 Žemės val.) šioje vizualizacijoje sukasi taip greitai.

Rodomi kometos fragmentai: „a“, „b“, „c“, „d“, „e“, „f“, „g“, „h“, „k“, „l“, „n“, „p“, „p“, „q“, „q“, „r“, „s“, „t“, „u“, „v“ ir „w“. Kelios raidės buvo praleistos (dėl efemeridžių trūkumo) ir 2 raidės „p“ ir „q“ rodomos du kartus; fragmentai taip pat žinomi kaip „p1“, „p2“, „q1“ ir „q2“.



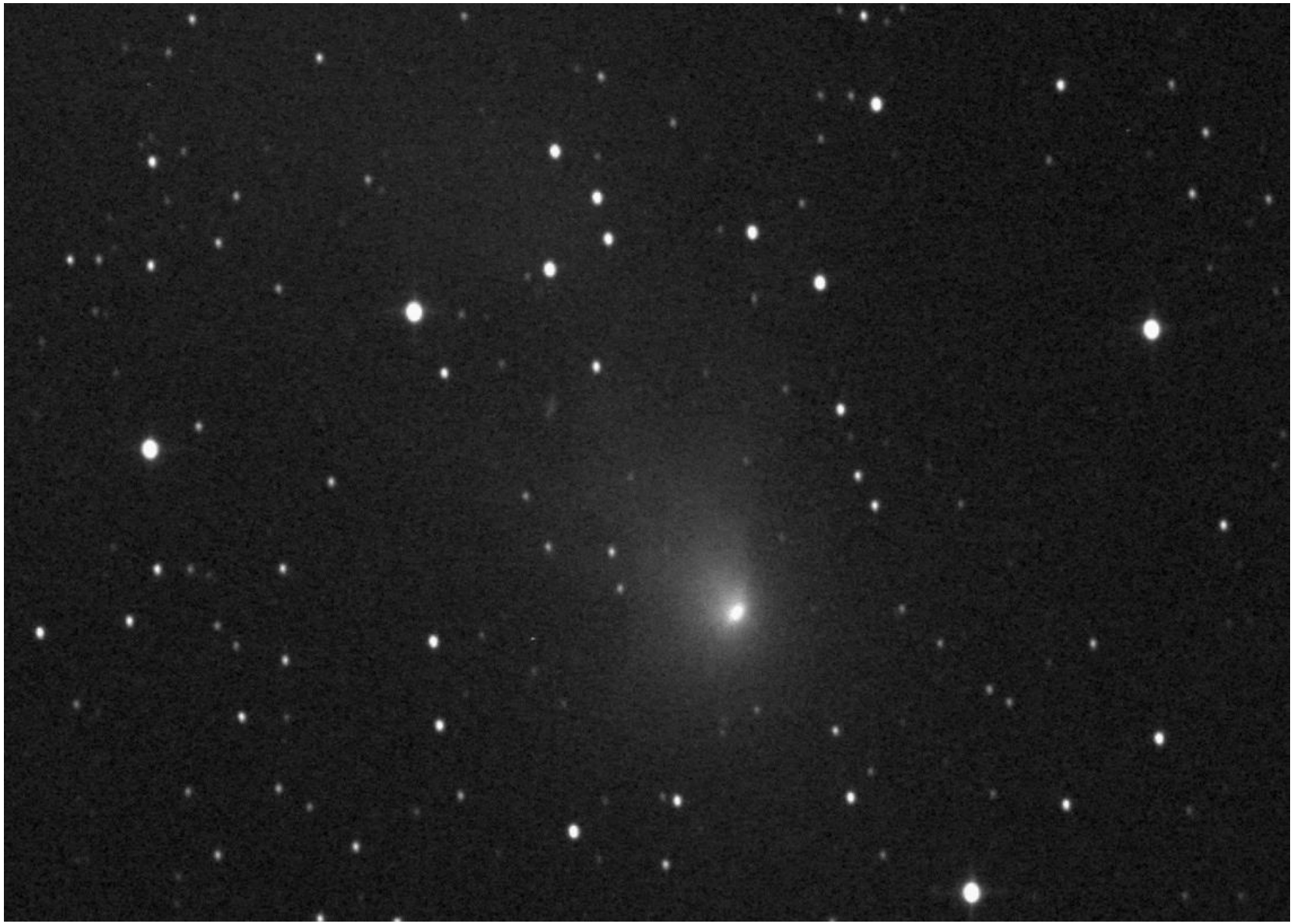
© Space Telescope Science Institute

Kaip kometos gauna vardus?

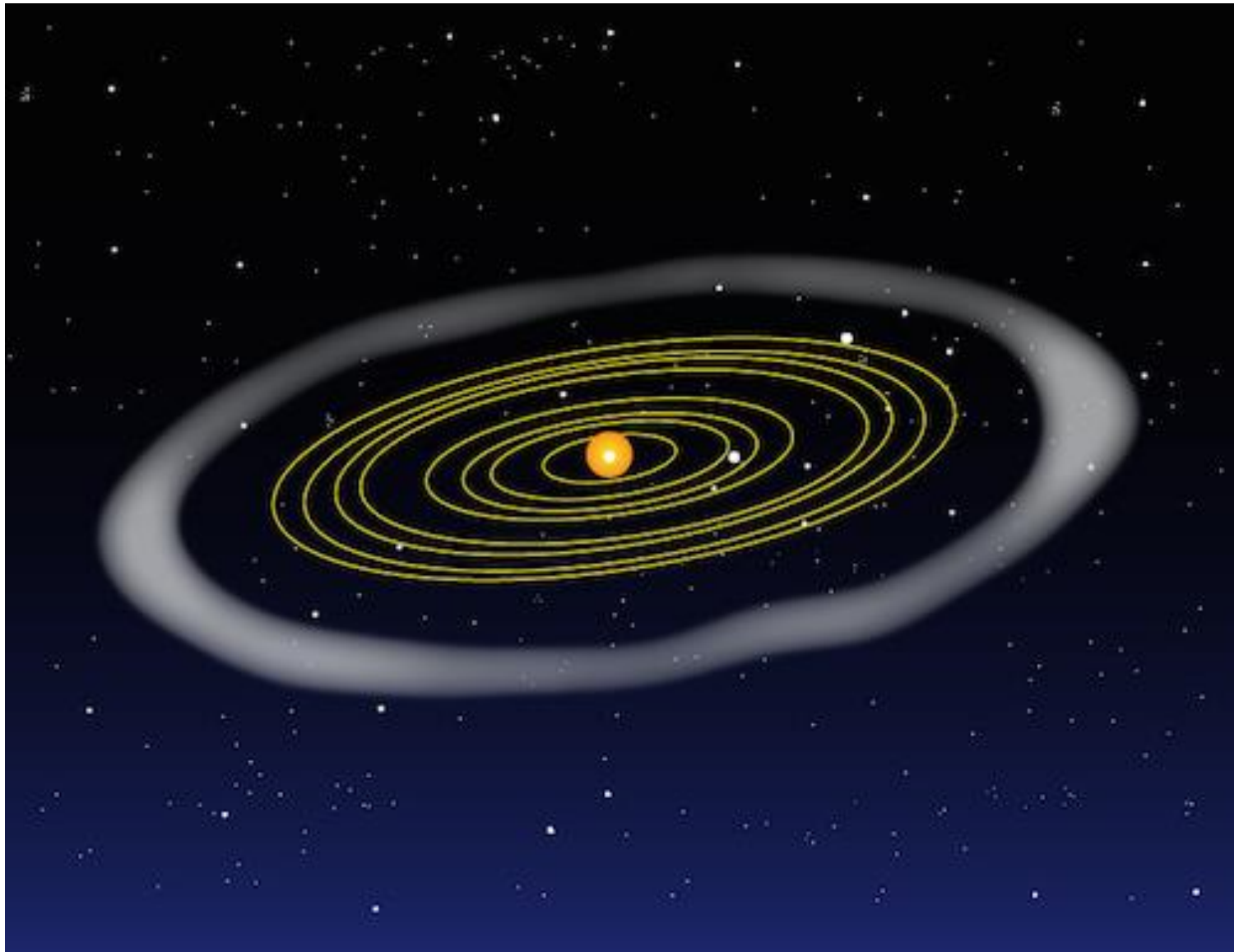
- Kometa paprastai pavadinama atradėjo – žmogaus ar kosminio laivo – vardu. Šios Tarptautinės astronomų sąjungos gairės buvo parengtos tik praėjusiame amžiuje. Pavyzdžiui, kometa Shoemaker-Levy9 buvo taip pavadinta, nes tai buvo devinta trumpo periodo kometa, kurią atrado Eugenijus ir Carolyn Shoemaker bei Davidas Levy.
- Kadangi kosminiai laivai geba aptikti daug naujų kometų, daugelio kometų pavadinimuose yra LINEAR, SOHO arba WISE.

Nauji VLT vaizdai rodo, kad vienas iš dviejų kometos LINEAR (C/2001A2) branduolių, dabar nutolusių maždaug 100 milijonų km nuo Žemės, ką tik suskaidė į mažiausiai dvi dalis. Dabar trys fragmentai juda per kosmosą beveik lygiagrečiomis orbitomis. Ši kometa perihelione buvo 2001 m. gegužės 25 d. (© ESO)

1980 Černio-Petrausko kometa

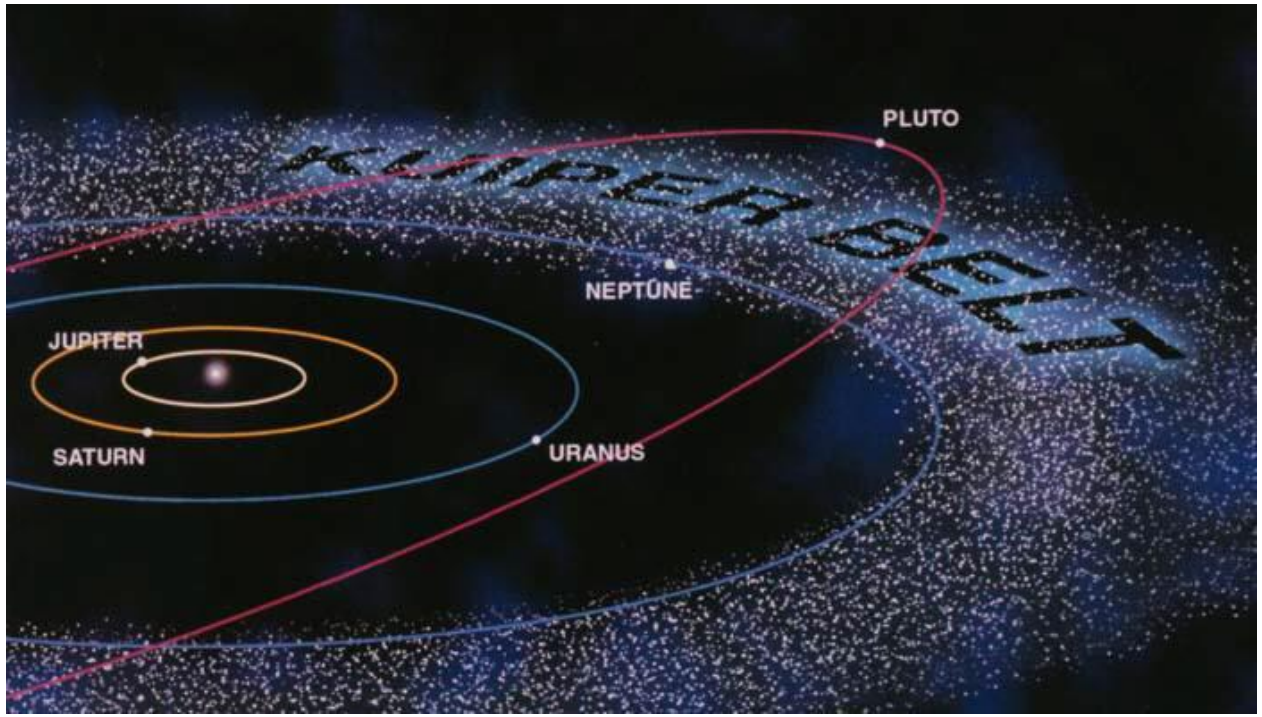


Koiperio juosta



Koiperio juosta

- Koiperio juosta (KJ) atspindi milžinišką spurgos formos erdvę išorinėje Saulės sistemoje.
- Tyrimai parodė, kad šio regiono objektų dydis, forma ir spalva yra gana skirtingi.
- Taip pat juos galima sugrupuoti pagal jų orbitų formas ir dydį.
- Tai paskatino mokslininkus suprasti, kad yra kelios skirtingos šių objektų grupės arba populiacijos.

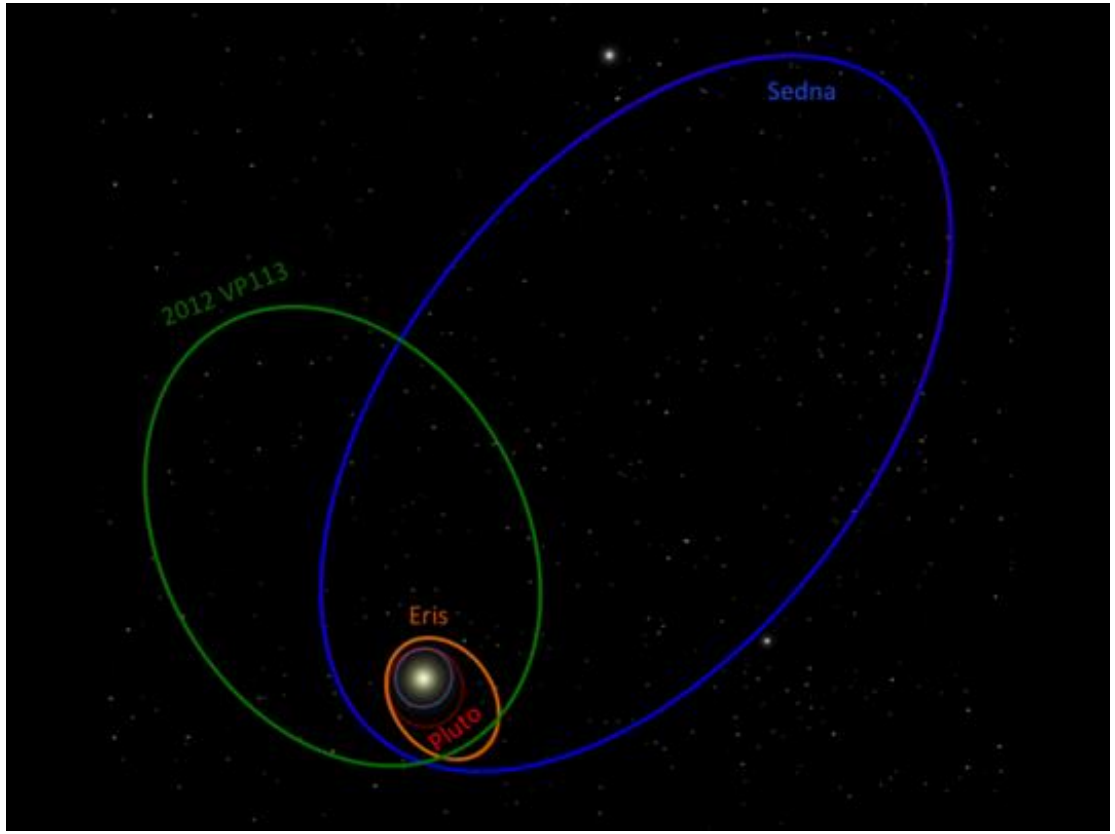


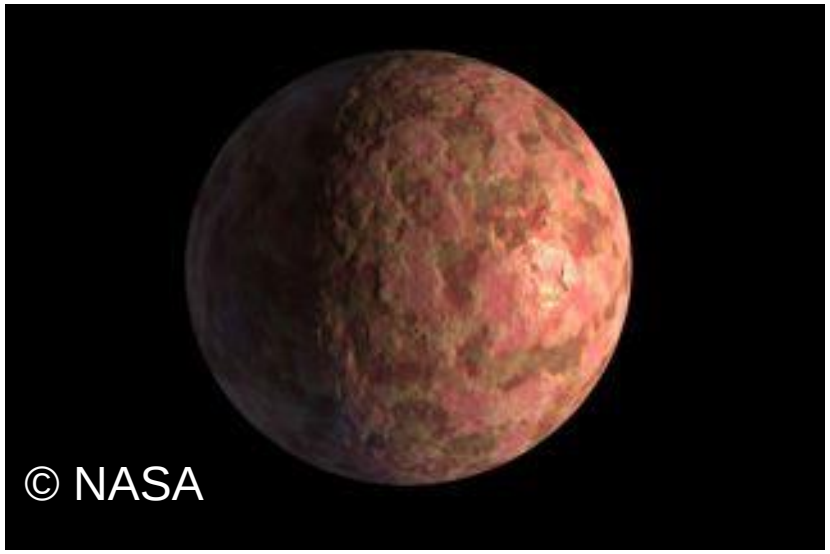
Koiperio juostos pagrindinės populiacijos

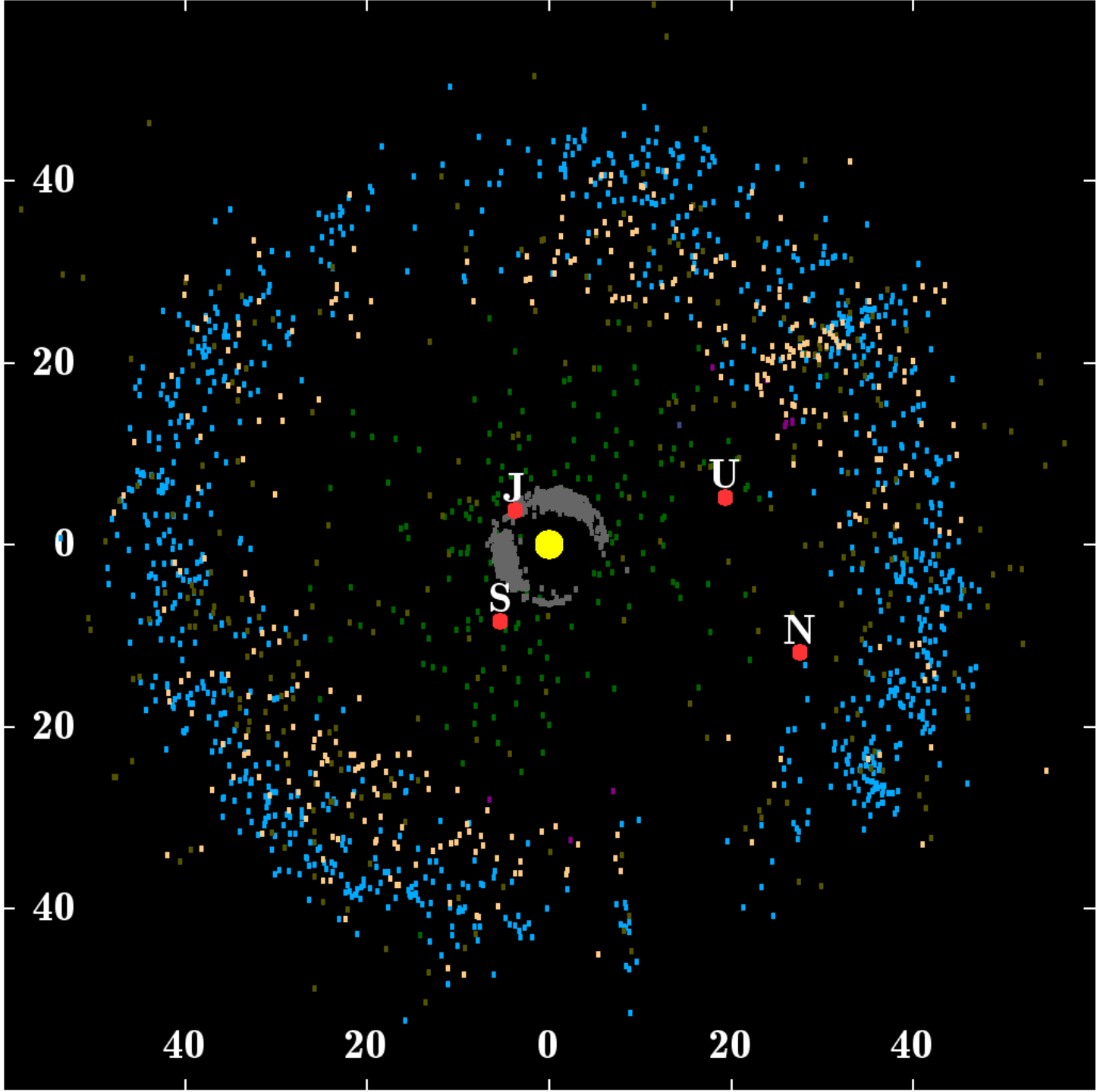
- Klasikiniai KJO: vidutinis atstumas nuo Saulės yra maždaug 40–50 AV. Šaltųjų klasikinių KJO orbitos yra santykinai apskritos ir nėra labai pasvirusios nuo planetų plokštumos; Karštieji klasikiniai KJO turi daugiau elipsines ir pakreiptas orbitas.
- Rezonansiniai KJO: objektai skrieja rezonansu su milžiniška planeta, tai reiškia, kad jų orbitos yra stabilios, pasikartojančios schemos su Neptūnu. Yra keletas šių grupių arba rezonansų – 1:1, 4:3, 3:2 ir 2:1. Pavyzdžiui, Plutonas yra 3:2 rezonanse su Neptūnu, tai reiškia, kad jis apeina Saulę du kartus kas tris Neptūno orbitas.
- Išsklaidytas diskas: driekiasi toli už pagrindinės Koiperio juostos dalies ir kuriame skrieja objektai, Neptūno išsklaidyti į orbitas, kurios yra ištęstos elipsės formos ir turi dešimčių laipsnių polinkio kampą į planetų plokštumą. Eridė yra išsklaidyto disko didžiausias žinomas narys.

Koiperio juosta. Papildomos grupės

- Yra pora papildomų objektų šeimų, kurios skrieja aplink Saulę vidinėje ir išorinėje juostos dalyje.
- Nutolę objektai: Sedna yra tokio objekto pavyzdys. Arčiausiai Saulės yra 76 AV, o toliausiai ji skrieja iki ~ 1200 AV.
- Kentaurai: šių objektų orbitos driekiasi tarp Jupiterio ir Neptūno orbitų. Jie tampa kometomis, arba sudūžta į Saulę ar planetas. Šis procesas - kentaurų pašalinimas - tęsiasi ir užtrunka dešimtis milijonų metų tipiniam kentauro objektui.



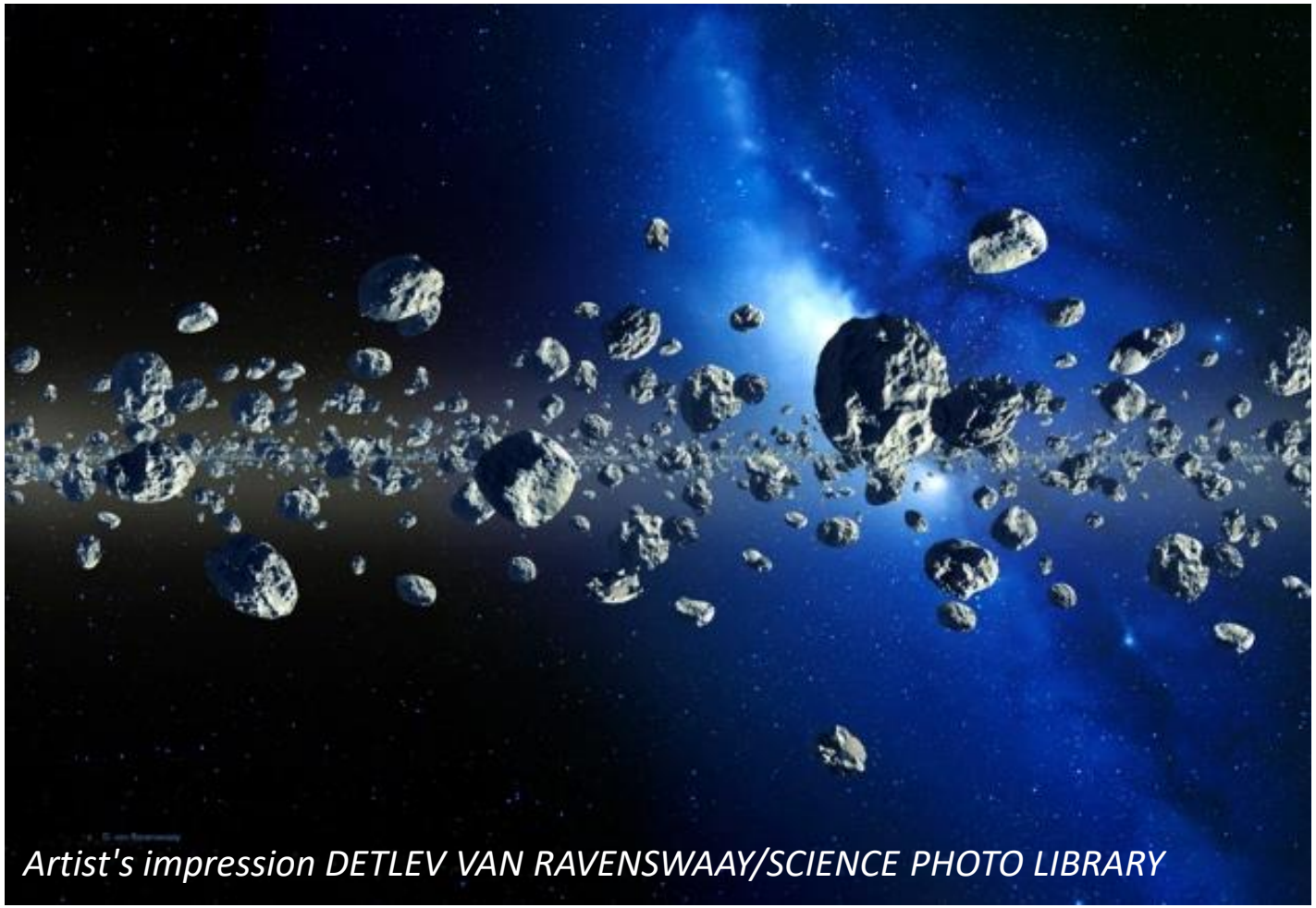




Paveikslėlyje pavaizduoti mažieji Saulės sistemos kūnai iki 60 AV, kiek jų buvo žinoma 2015 m. sausio 1 d. Pilka spalva – Jupiterio trojanai, žalia – kentaurai, violetinė – Neptūno trojanai, mėlyna – klasikiniai KJO, oranžinė – rezonansiniai KJO, tamsiai pilka – išsklaidytas diskas. (Šaltinis: Minor Planet Center, www.cfeps.net ir kt.)

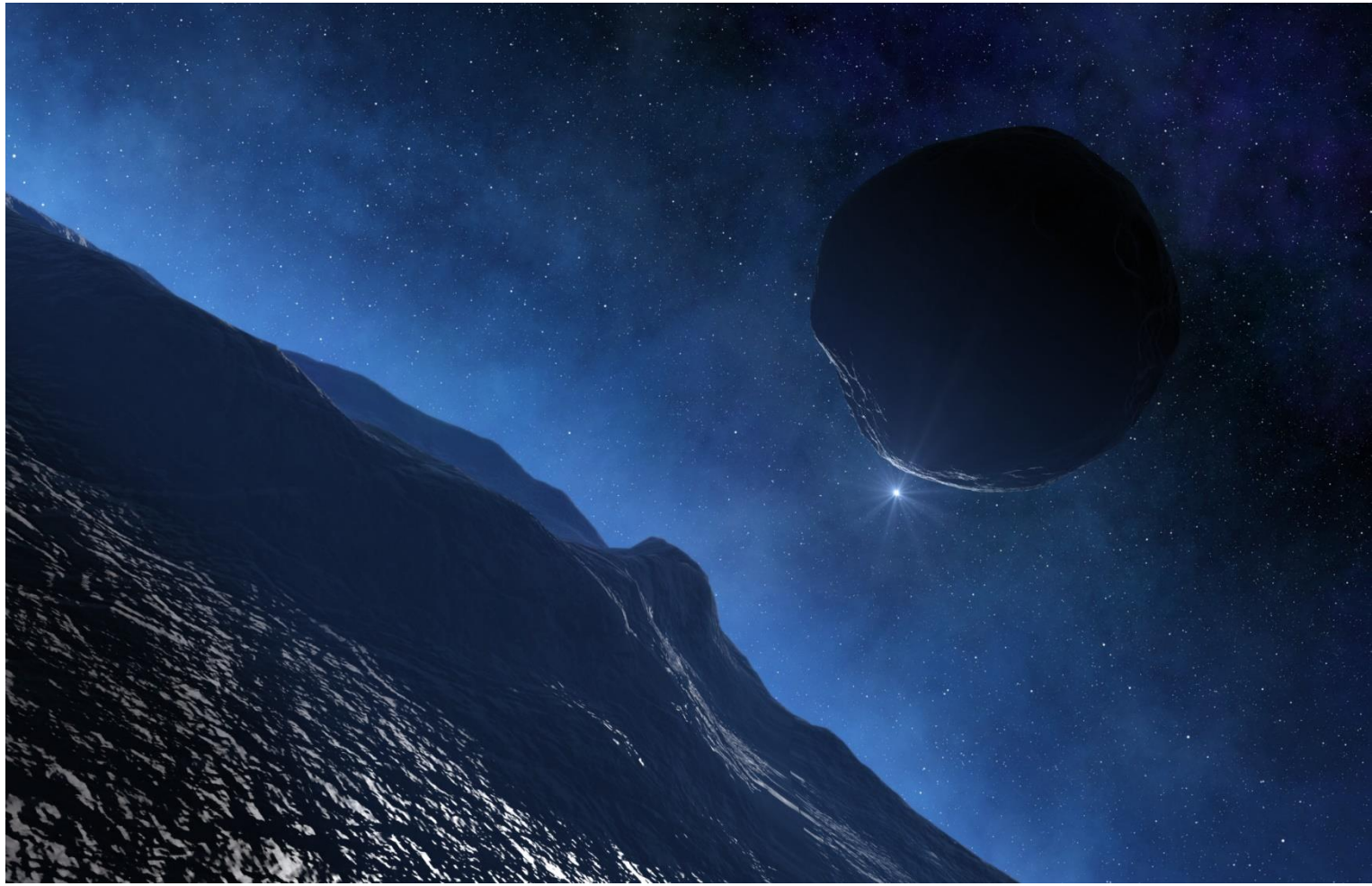
Koiperio juosta

- Kaip ir asteroidai, kai kurie didesni kometoidai Koiperio juostoje turi palydovus, arba yra dvinarėje, trinarėje sistemoje.



Koiperio juosta

- Daugianariai KJO įdomūs tuo, kad dauguma jų gali būti ypač seni arba pirmykščiai, mažai pasikeitę.
- Manoma kad dėl mažo susidūrimo greičio pirmykštėje KJ, jie išgyveno smūgį ir sukibo į bendrą sistemą.
- Šiandien tokie susidūrimai yra daug retesni. Jie taip pat linkę būti destruktyvūs, nes daugelis KJO šiuo metu skrieja pasvirusiomis ar elipsinėmis orbitomis, tai reiškia, kad jie susiduria vienas su kitu didesne jėga ir suskyla.



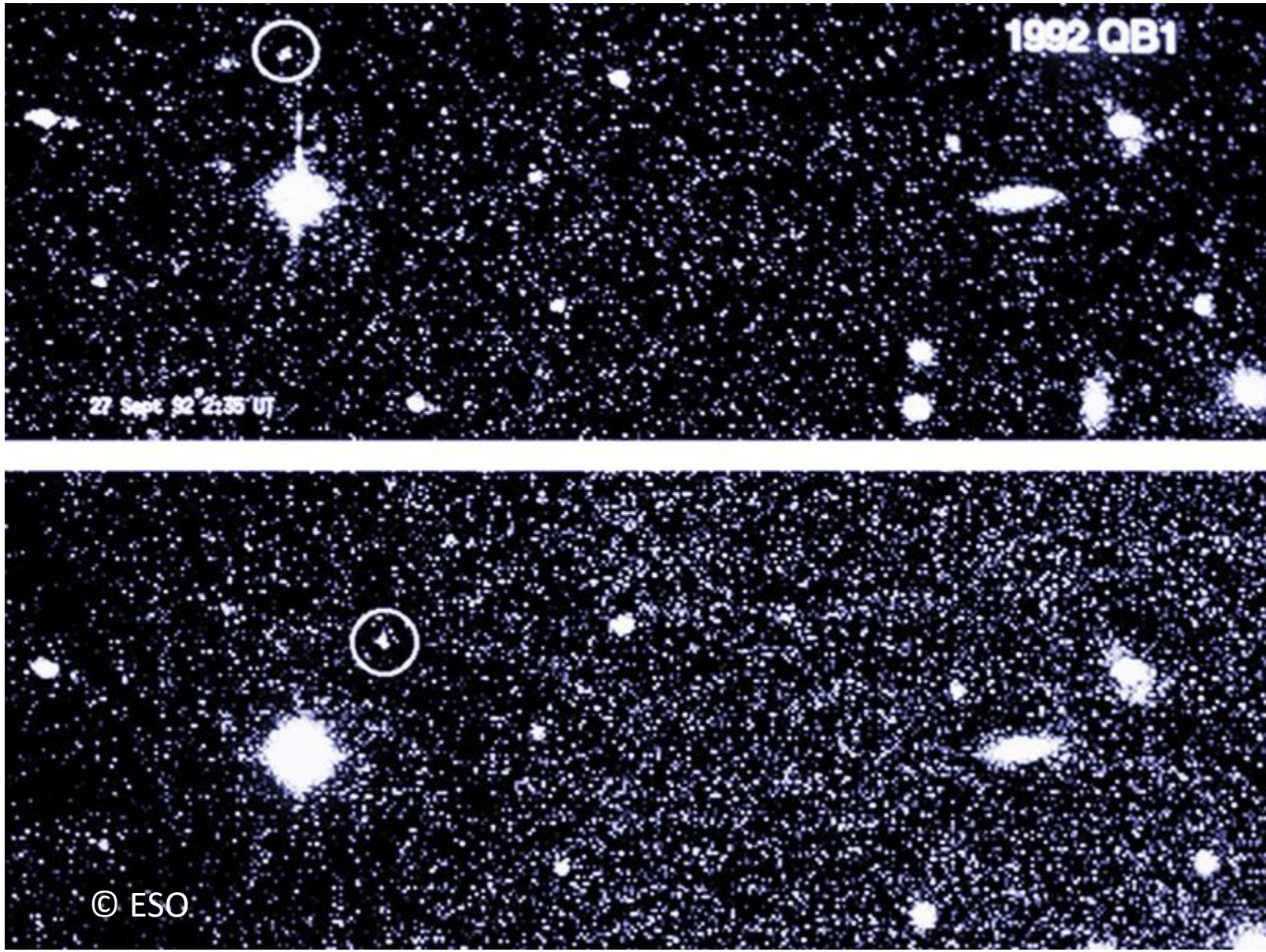
Koiperio juostos objektas, žiūrint nuo kito objekto paviršiaus, su tolima Saule (Dailininko piešinys, © Julian Baum)

Koiperio juosta

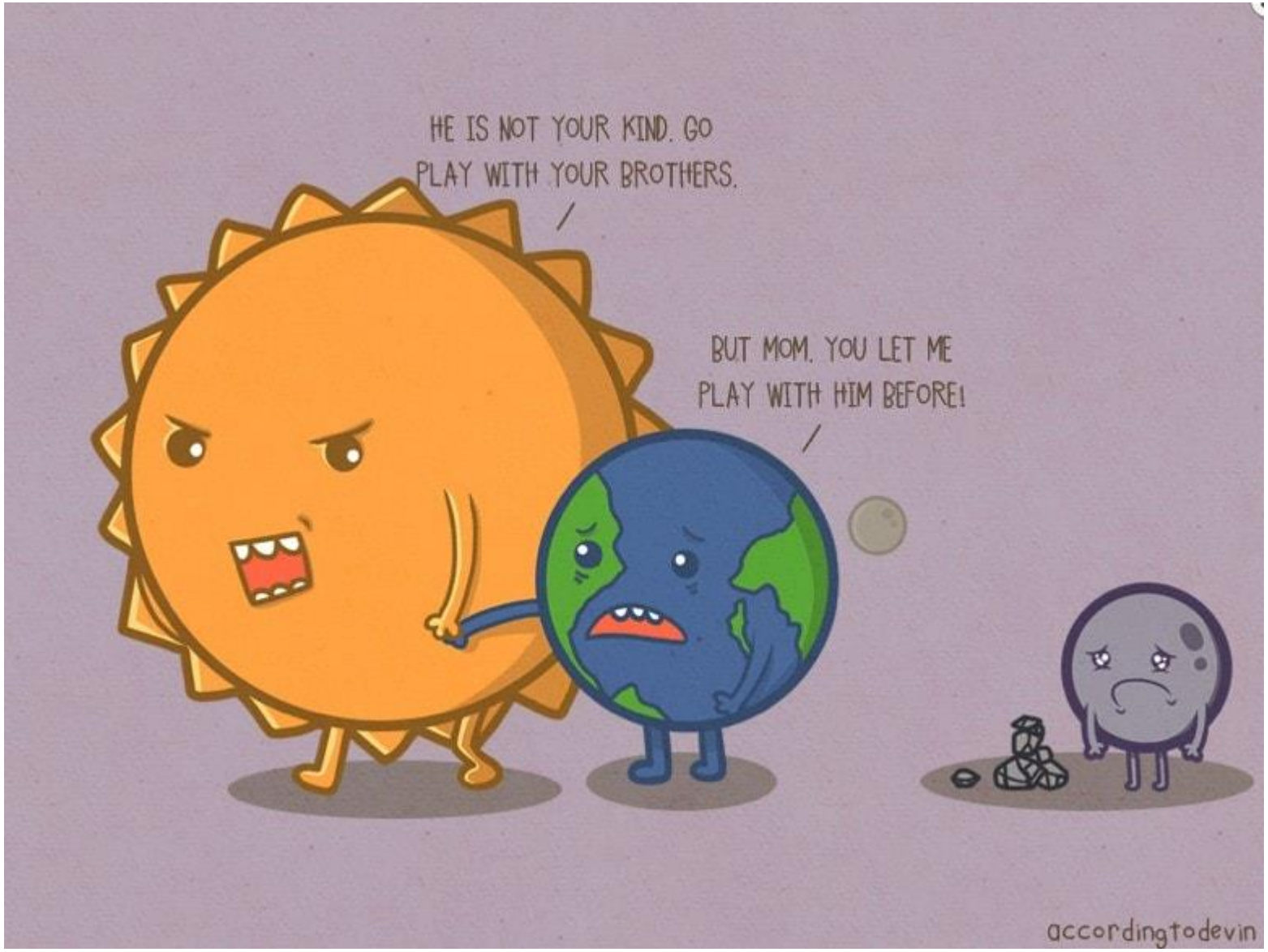
- Manoma, kad šiandien Koiperio juosta lėtai nyksta. Ten esantys objektai kartais susiduria, susidaro mažesni fragmentai (kai kurie iš jų gali tapti kometomis), taip pat dulkės, kurias Saulės vėjas išneša iš Saulės sistemos.
- Neptūno gravitacija smulkius KJO gali patraukti į orbitas, nukreiptas į Saulę, kur Jupiteris juos uždaro į trumpas, 20 ar mažiau metų orbitas. Tokie objektai vadinam trumpo periodo Jupiterio šeimos kometomis.
- Dėl dažnų kelionių į vidinę Saulės sistemą, dauguma jų yra linkę gana greitai išgarinti savo lakiuosius ledus ir ilgainiui tampa ramybės būsenoje esančiomis arba negyvomis kometomis, kurių mažai aptinkama ar visai nėra aptinkama. Tyrėjai nustatė, kad kai kurie arti Žemės esantys asteroidai iš tikrųjų yra sudegusios kometos, o dauguma jų kilę iš Koiperio juostos.

Koiperio juostos atradimas

- Po Plutono atradimo 1930 m. ilgą laiką buvo manoma, kad nieko daugiau nėra. Nors spekuliacijų buvo.
- 1992 m. mokslininkai David Jewitt ir Jane Luu naudodami Mauna Kea observatorijos 2,2 m teleskopą atrado pirmą objektą 1992 QB1 (Albioną).
- Po 6 mėn. jie atrado antrą objektą – 1993 FW.
- Dabar yra atrasta tūkstančiai KJO.
- Daugiausiai prie KJ tyrimų prisidėjo New Horisons ir HST.
- Gerard Kuiper buvo pirmasis mokslininkas, 1951 m. išsakęs idėją, kad už Plutono gali būti ir daugiau objektų.



Nykštukinės planetos

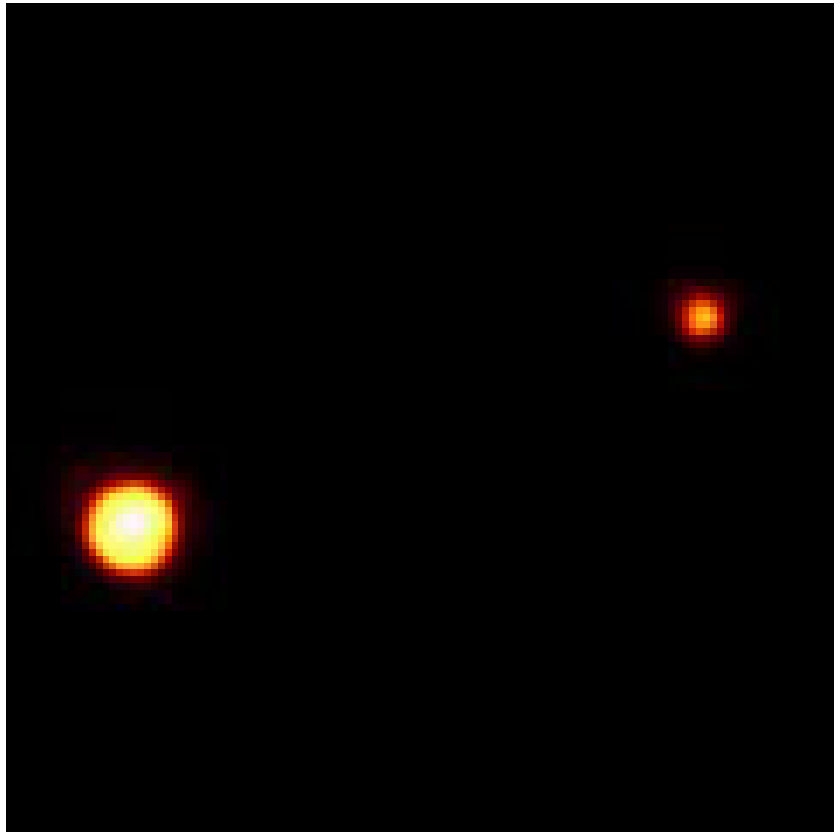


Nykštukinių planetų šeima

- Plutonas 2338 km
- Eridė 2326 km
- Haumea 1960x1000 km
- Makemake 1500 km
- 2002 TC302 1200 km
- Quaoar 1170 km
- Sedna 995 km
- Orcus 807 km
- Varuna 800 km
- 2012 BX85 350-400 km
- 1992 QB1 160 km
- Cerera 481,5 km

Plutonas

- Atrastas 1930 m., ilgą laiką buvo laikomas devintąja planeta.
- Turi penkis žinomus mėnulius – **Charonas, Niktė, Hidra, Cerberis ir Stiksas** – iš kurių didžiausias yra Charonas.
- Būdamas maždaug perpus mažesnis už patį Plutoną, jis yra didžiausias palydovas, palyginus su planetos, aplink kurią skrieja, dydžiu.
- Plutonas ir Charonas dažnai vadinami „dviguba planeta“.



Šioje nuotraukoje, gautoje su HST daugiau nei 4 mlrd km atstumu, matyti Plutonas ir jo didžiausias mėnulis Charonas. Jų spalvų skirtumą gali lemti skirtingos paviršiaus kompozicijos. (© NASA, ESA and M. Showalter (SETI Institute))

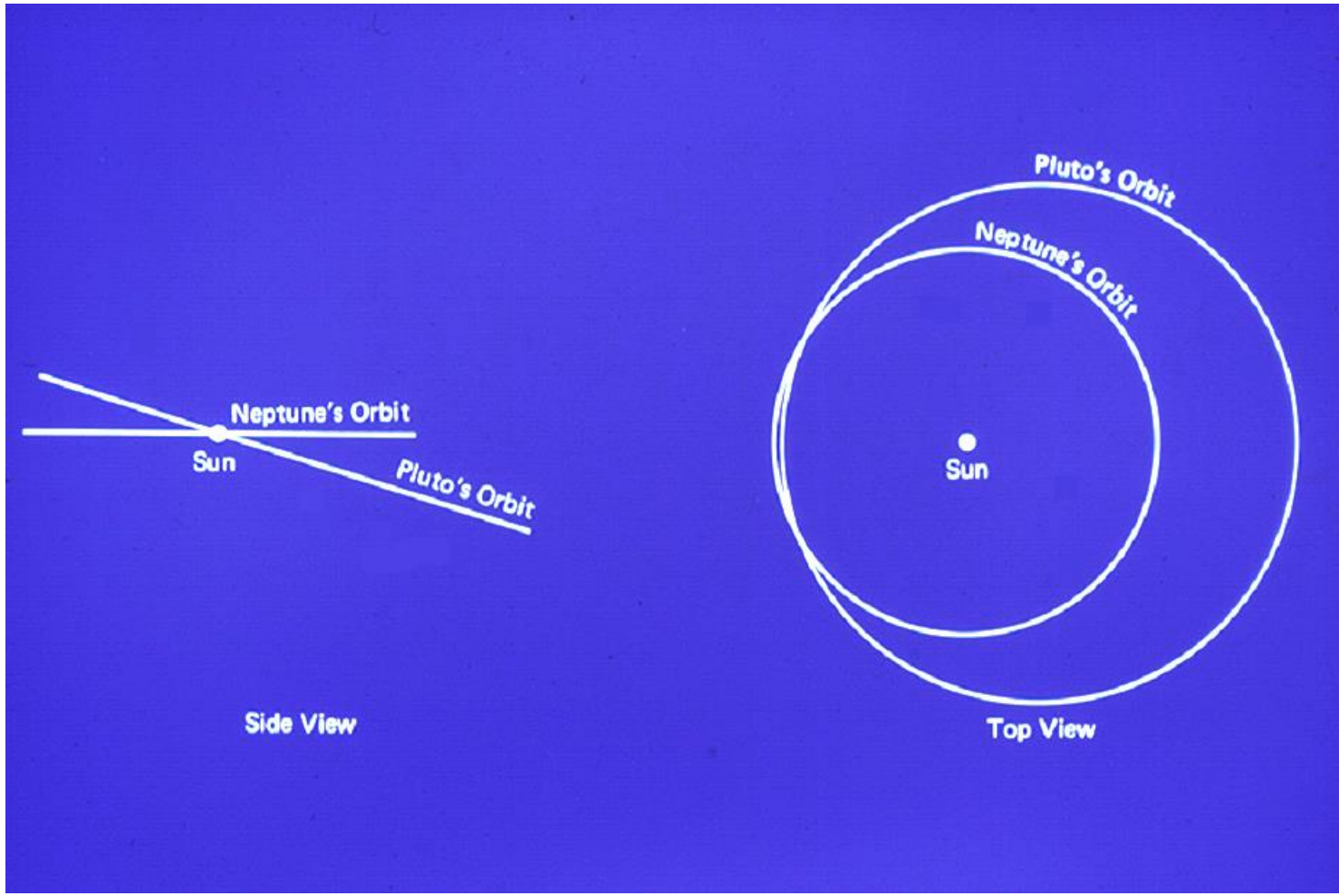
Plutono dydis ir atstumas iki jo

- Spindulys yra 1 151 km.
  Tai maždaug 1/6 Žemės pločio.
- Nuo Saulės iki Plutono
  reikia šviesa keliauja 5,5 val.
- Jei vidurdienį stovėtumėte ant Plutono paviršiaus, Saulė būtų 1/900 ryškumo, kokia ji yra Žemėje, arba maždaug 300 kartų šviesesnė nei Mėnulio pilnatis.
- Leidžiantis Saulei Žemėje yra momentas, kai šviesa yra tokio pat ryškumo kaip vidurdienis Plutone. Tai yra vadinamasis „Plutono laikas“.

NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute

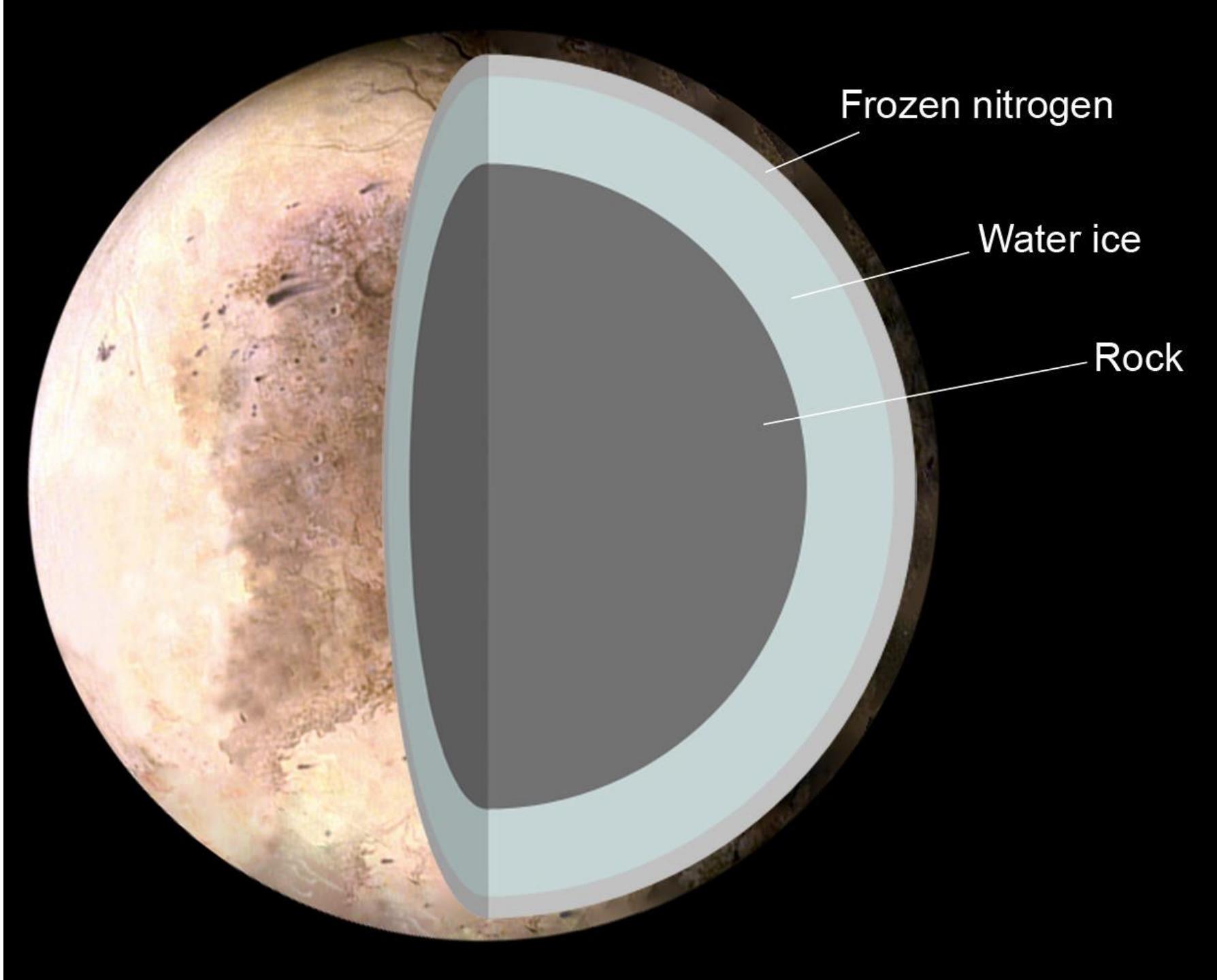
Plutono orbita ir sukimasis

- Plutono orbita yra ir elipsinė, ir pakreipta.
- Viena diena trunka apie 153 val.
- Jo sukimosi ašis yra pakreipta 57 laipsniais jo orbitos plokštumos aplink Saulę atžvilgiu, todėl jis sukasi beveik iš šono.
- Sukasi atgal – iš rytų į vakarus kaip Venera ir Uranas.



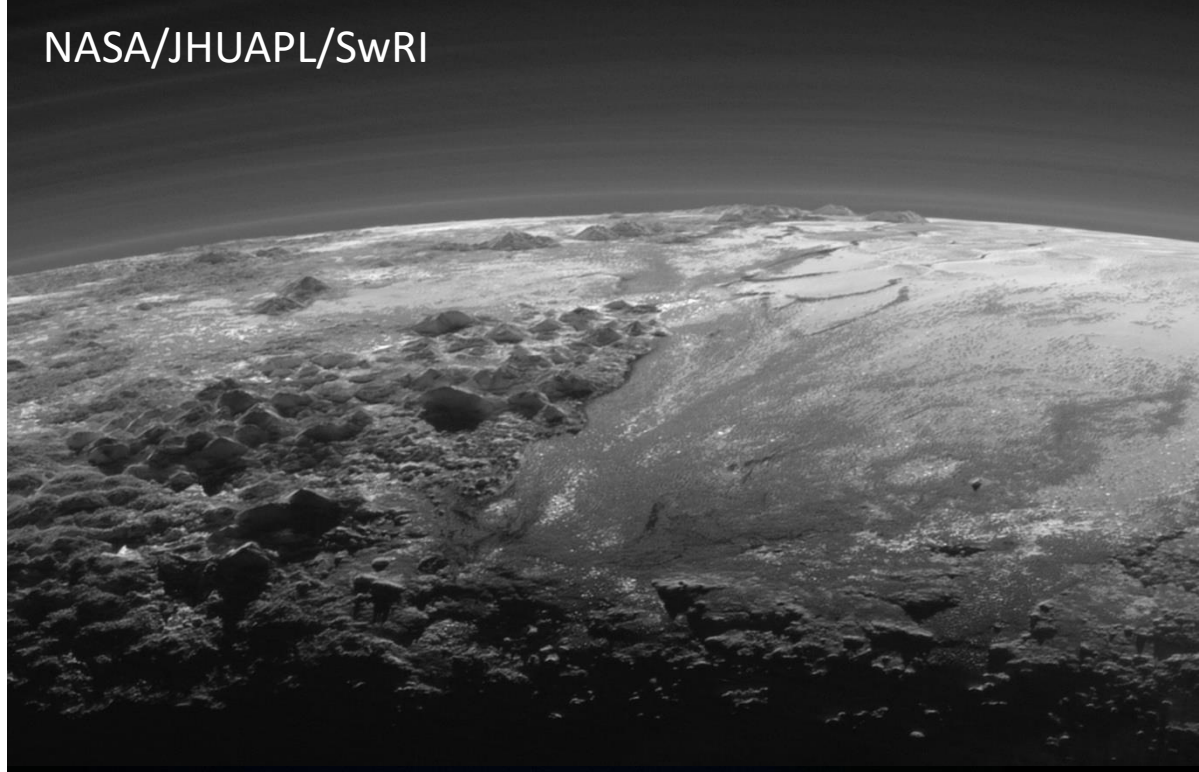
Plutonas

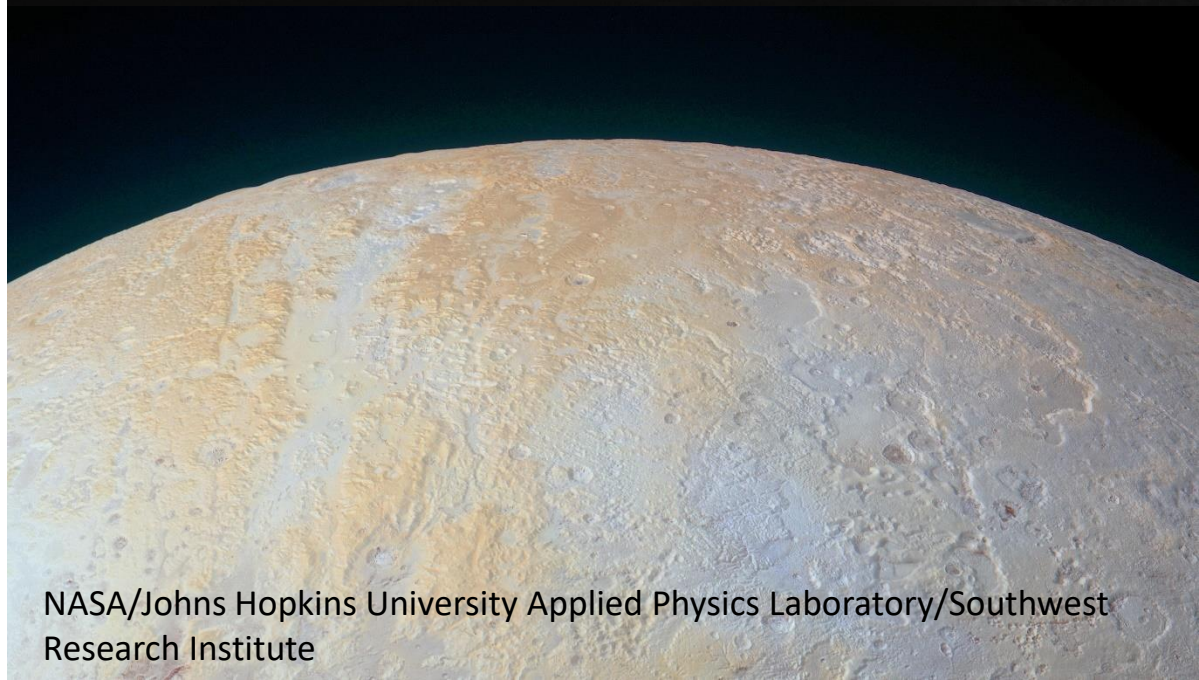
- Plutonas yra maždaug 2/3 Žemės Mėnulio skersmens ir, manoma, turi uolingą branduolį, apsuptą vandens ledo mantijos. Paviršių dengia metano ir azoto ledas. Dėl mažesnio tankio Plutono masė siekia maždaug šeštadalį Mėnulio masės.



Plutono paviršius

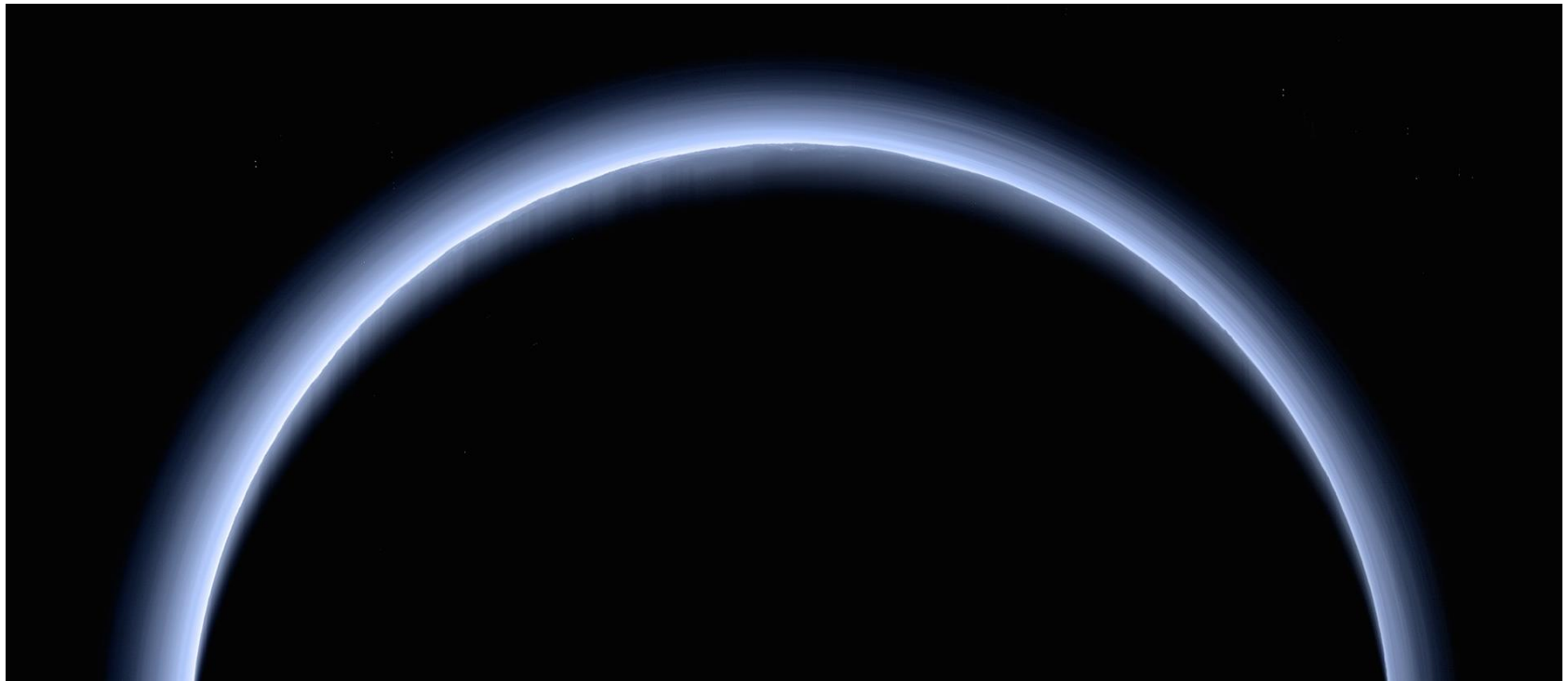
- Paviršiui būdingi kalnai, slėniai, lygumos ir krateriai.
- Temperatūra gali nukristi iki –226 ar net –240 laipsnių šalčio.
- Kalnai gali būti nuo 2 iki 3 km aukščio ir yra pagrinde sudaryti iš vandens ledo, padengti užšalusiomis dujomis.
- Yra iki 260 km skersmens kraterių, kai kuriuose matyti erozijos ir išsiliejimų požymių. Tai rodo, kad tektoninės jėgos pamažu pradeda formuotis Plutone.





Plutono atmosfera

- Turi ploną atmosferą, kuri plečiasi artėjant prie Saulės ir nyksta tolstant nuo jos - panašiai kaip kometa.
- Pagrindinė sudedamoji dalis yra molekulinis azotas, tačiau taip pat buvo aptiktos metano ir anglies monoksido molekulės.
- Dėl mažos Plutono gravitacijos (apie 6 % Žemės) jo atmosfera yra daug labiau išsitęsusi nei mūsų planetos atmosfera.
- Kiekvienais metais Plutonas tampa kur kas šaltesnis, kai tolsta nuo Saulės. Per tą laiką didžioji dalis planetos atmosferos gali užšalti ir iškristi kaip sniegas ant paviršiaus.



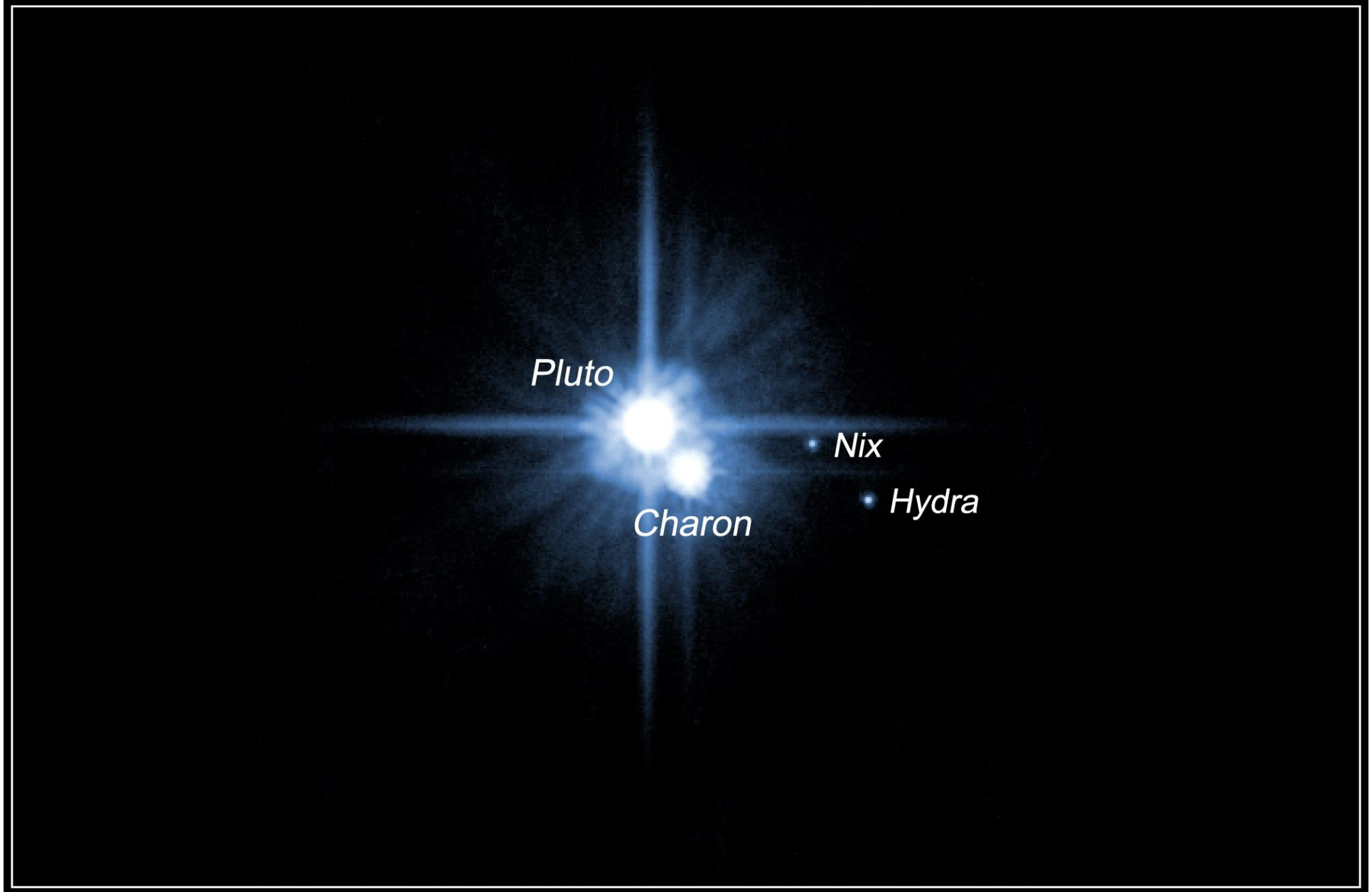
© NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Southwest Research Institute

Plutono mėnuliai

Plutonas, matomas nuo Charono paviršiaus (Dailininko piešinys; © Julian Baum)

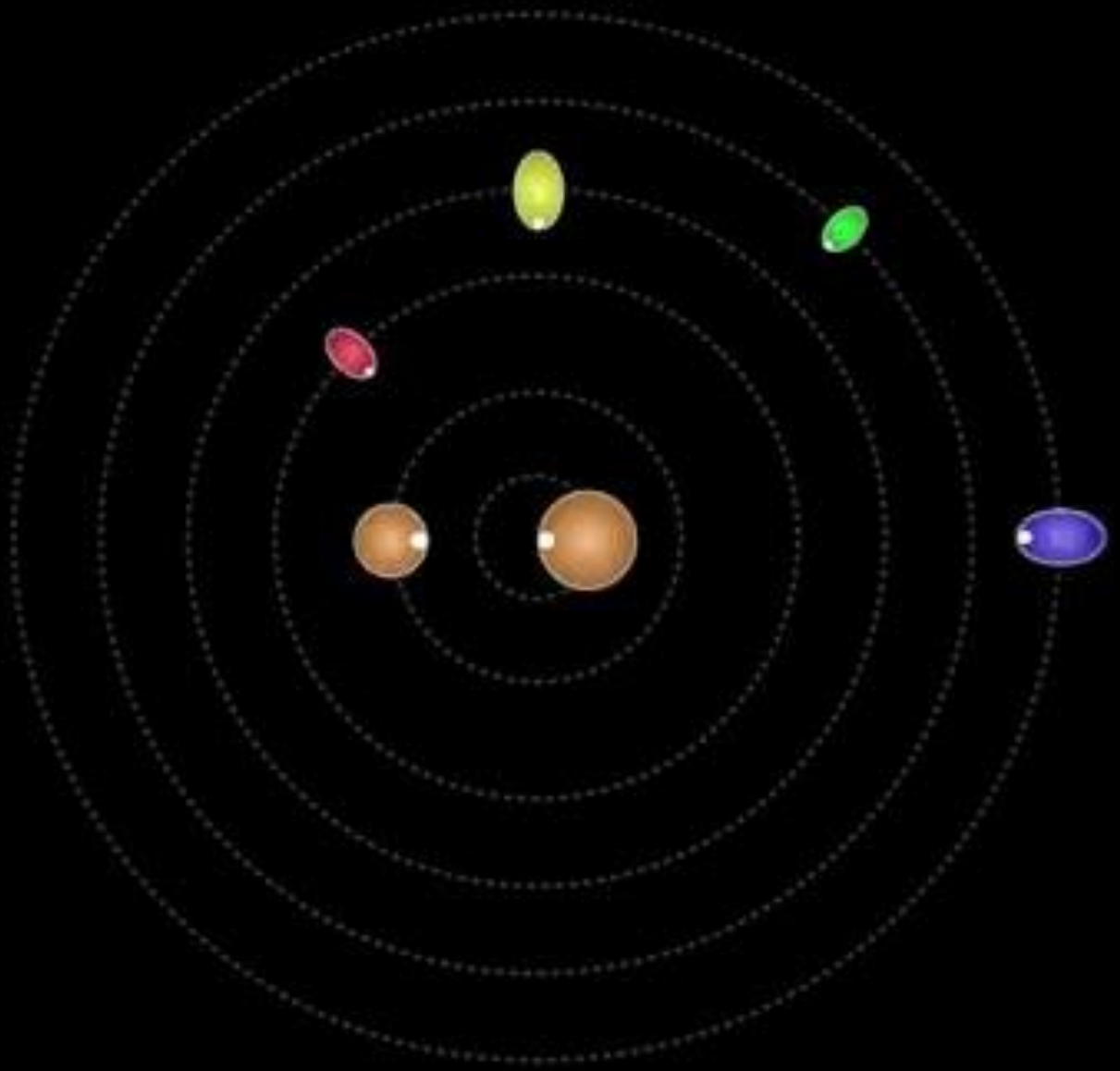
- Galėjo susidaryti susidūrus Plutonui su kitu panašaus dydžio kūnu ankstyvoje Saulės sistemos istorijoje.
- Charono orbita aplink Plutoną trunka 153 valandas – tiek pat Plutonui reikia atlikti vieną sukimąsi. Charonas nei pakyla, nei nusileidžia, bet užima tą pačią vietą danguje, ta pati pusė visada žiūri į Plutoną. Tai vadinama potvynio užraktu (angl.: tidal locking).
- Kiti keturi mėnuliai yra mažesni nei 160 km, netaisyklingos formos. Skirtingai nuo daugelio kitų Saulės sistemos mėnulių, šie mėnuliai sukasi skirtingai ir nėra visą laiką atsisukę į Plutoną ta pačia puse.

Pluto System ▪ February 15, 2006 *Hubble Space Telescope* ▪ ACS/HRC



NASA, ESA, H. Weaver (JHU/APL), A. Stern (SwRI),
and the HST Pluto Companion Search Team

STScI-PRC06-29

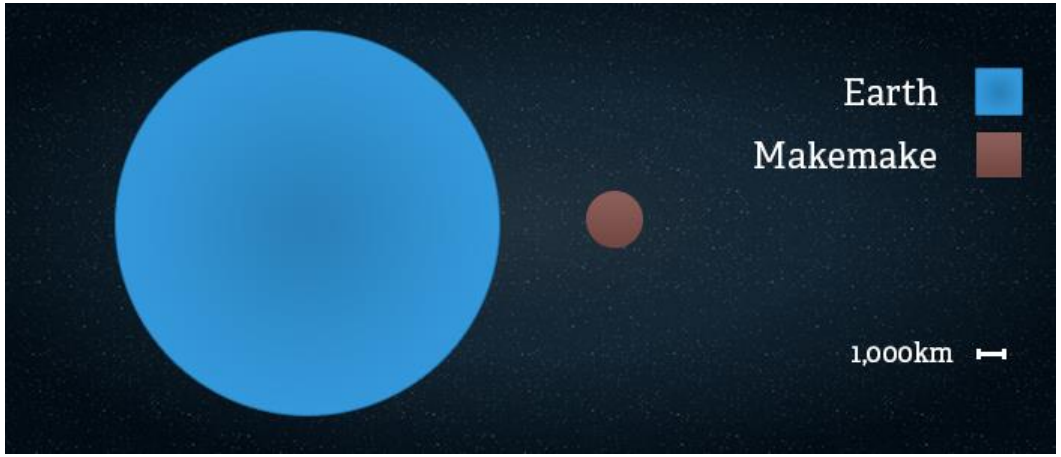


Plutono vardo kilmė

- Plutonas yra vienintelis pasaulyje (iki šiol), kuriam vardą išrinko 11-metė mergaitė.
- 1930 m. Venetia Burney iš Oksfordo (Anglija) seneliui pasiūlė pavadinti naująjį atradimą romėnų požemio dievo vardu. Jis perdavė vardą Lowell observatorijai ir jis buvo patvirtintas.
- Plutono mėnulių vardai atitinka kitų mitologinių figūrų, susijusių su požemiu, vardus. Charonas – Hado keltininkas, perkeliantis mirusiųjų sielas per Stikso upę. (Taip pat pagerbiant atradėjo Džeimso Christy žmoną Sharoną). Niktė – Charono motina, kuri taip pat buvo tamsos ir nakties deivė. Hidra – devyngalvė jūrų pabaisa. Cerberis – trigalvis Hado šuo, saugojęs Tartaro vartus, kad mirusieji negalėtų išeiti, o gyvieji patekti į požemių pasaulį. O Stiksas buvo mitologinė upė, skirianti gyvųjų pasaulį nuo mirusiųjų karalystės.

© NASA

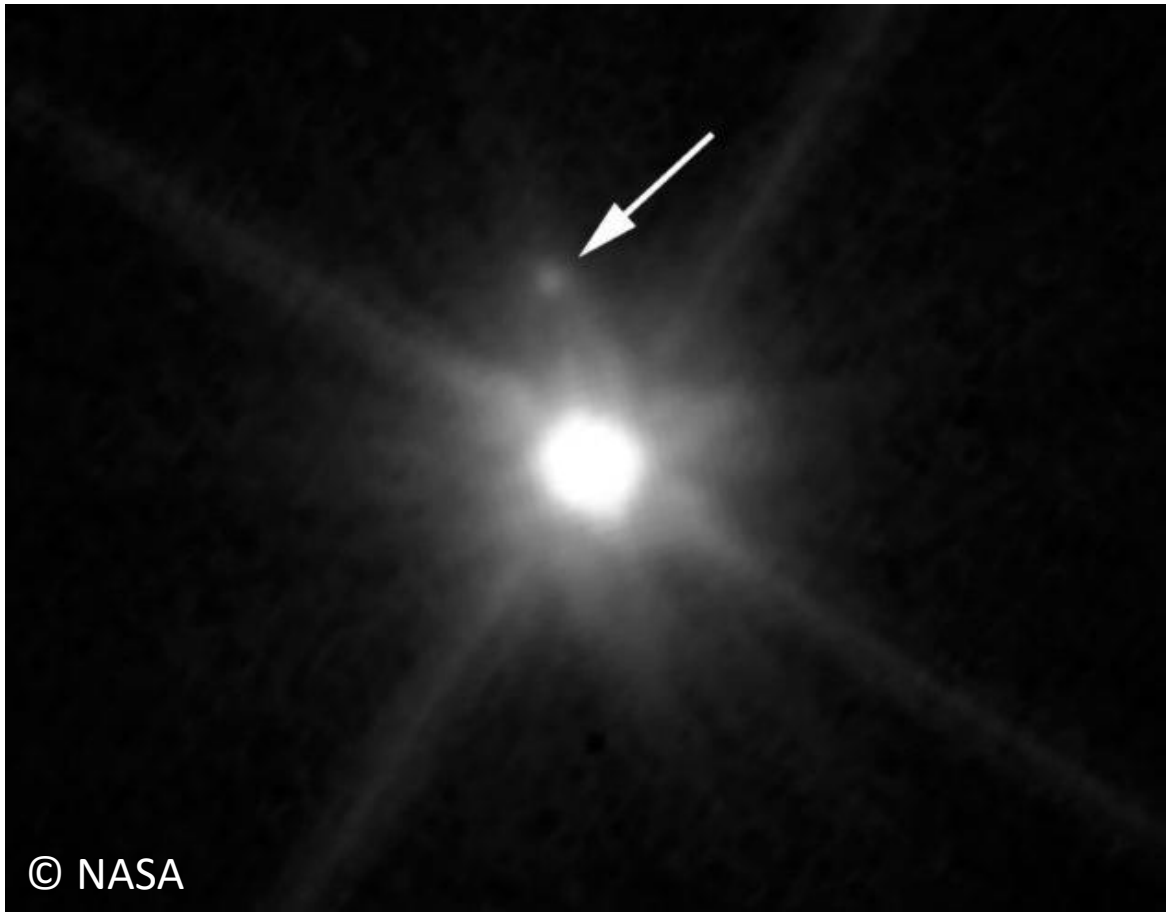
Makemakė



- Šiek tiek mažesnė nei Plutonas, Makemakė yra antrasis pagal ryškumą Koiperio juostos objektas, žiūrint iš Žemės.
- Aplink Saulę apsisuka per maždaug 305 Žemės metus.
- Užima svarbią vietą Saulės sistemos tyrimų istorijoje, nes ji kartu su Eride buvo objektai, kurių atradimas paskatino Tarptautinę astronomijos sąjungą persvarstyti planetos apibrėžimą ir sukurti naują nykštukinių planetų grupę.
- Pavadinta Velykų salos Rapanui genties vaisingumo dievo ir žmonijos kūrėjo vardu.

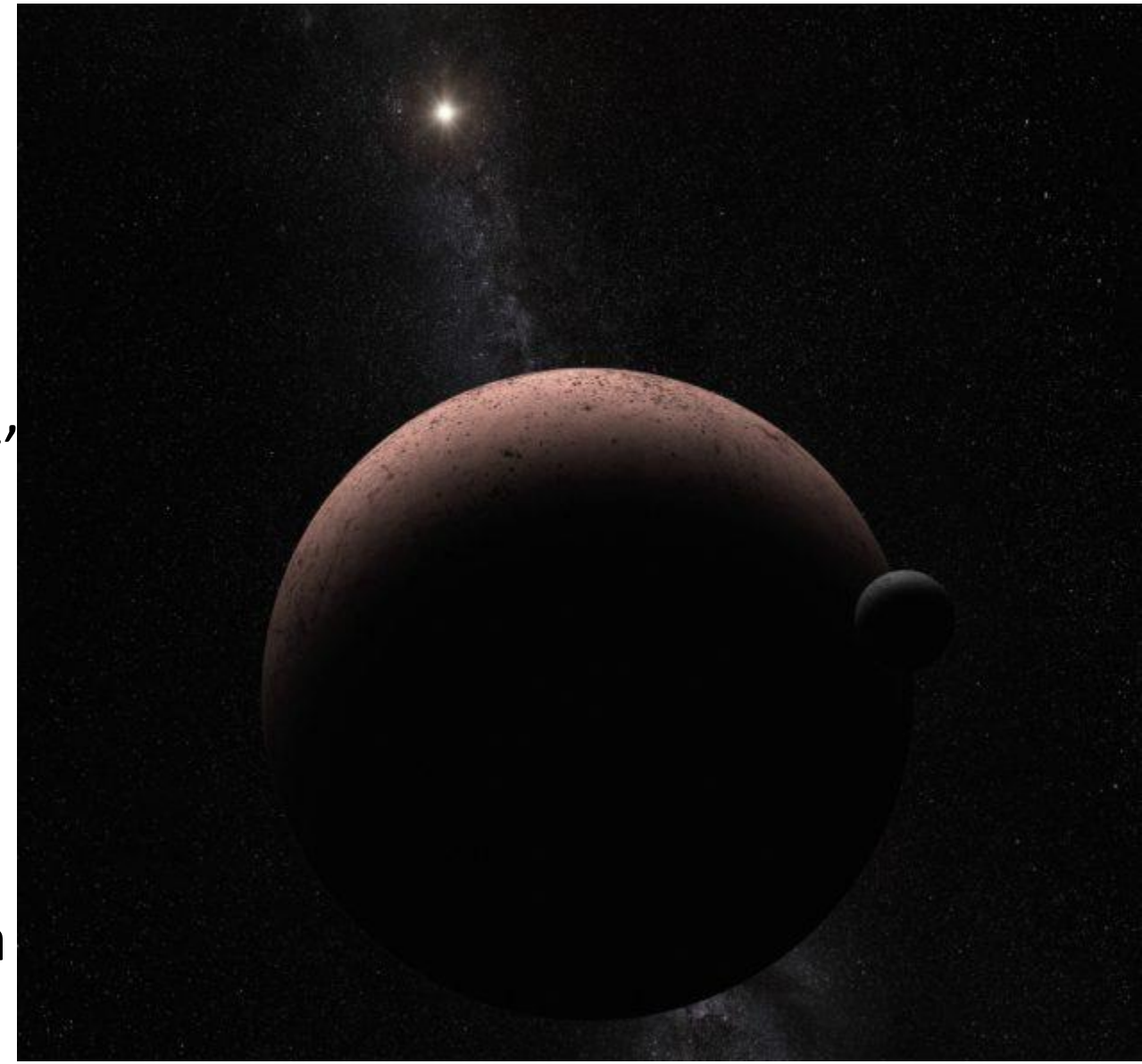
Makemakė

- Atrado 2005 m. kovo 31 d. M.E. Brownas, C.A. Trujillo ir D. Rabinowitzas Palomaro observatorijoje. 2008 m. pripažinta nykštukine planeta.
- Spindulys maždaug 715 km (1/9 Žemės spindulio).
- Turi vieną mėnulį, S/2015 (136472) 1 (MK2). Jis yra daugiau nei 1300 kartų silpnesnis nei Makemakė. MK2 buvo matomas maždaug už 21 000 km nuo nykštukinės planetos, o jo spindulys yra maždaug 80 km. Šis palydovas buvo atrastas 2016 m. NASA HST.



Makemakė

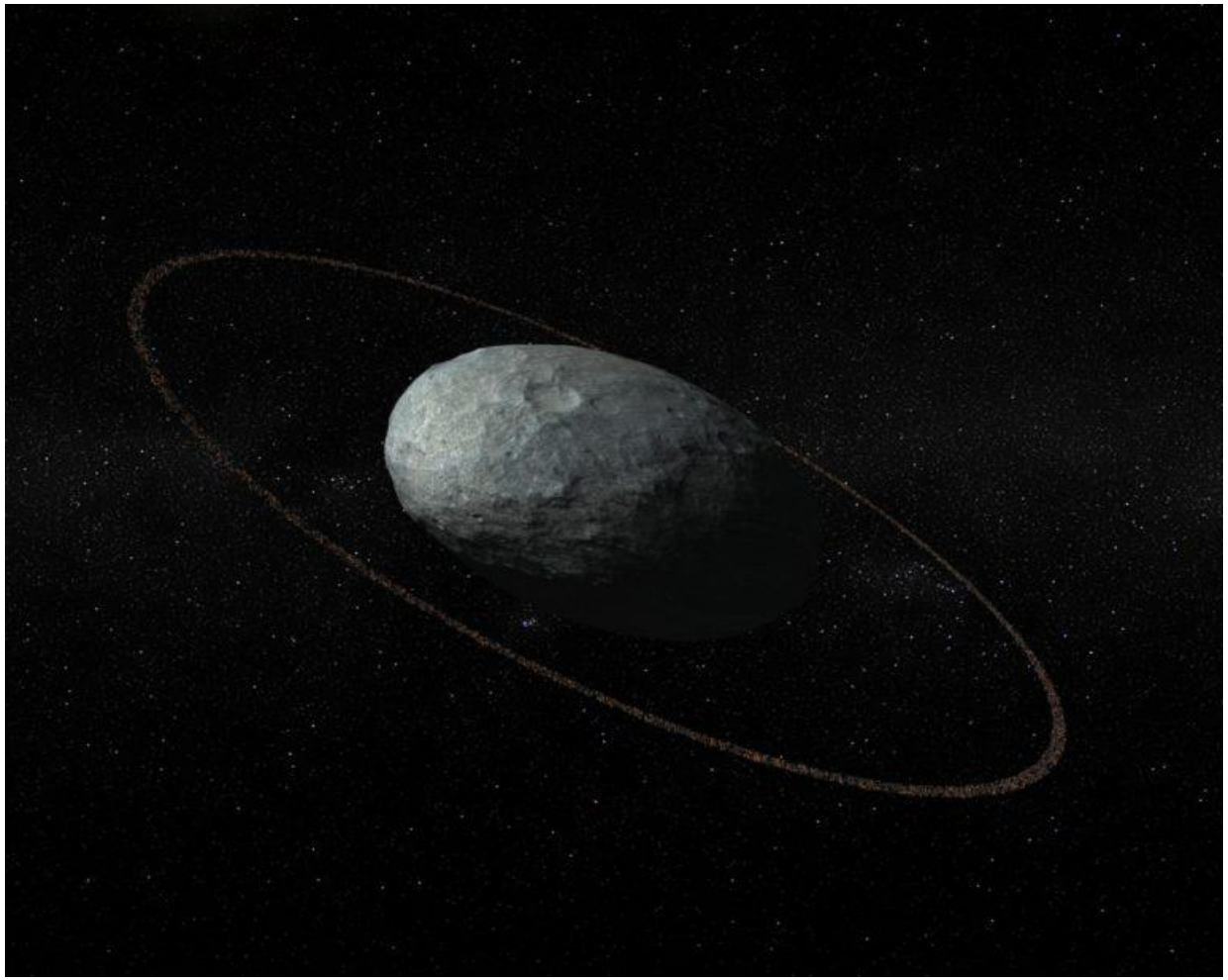
- Apie struktūrą mokslininkai žino labai mažai.
- Iš toli nematoma daug paviršiaus detalių, tačiau ji atrodo rausvai rudos spalvos, panaši į Plutoną. Mokslininkai taip pat aptiko jo paviršiuje užšalusį metaną ir etaną. Paviršius gali būti padengtas metano granulėmis, kurių skersmuo yra apie 1 cm.
- Perihelio metu gali susidaryti labai plona atmosfera, greičiausiai susidedanti iš azoto.



Menininko vizualizacija vaizduoja Makemakę ir jos palydovą MK 2, kuris slepiasi dešinėje. (© NASA / ESA / A. Parker / SwRI)

Haumėja

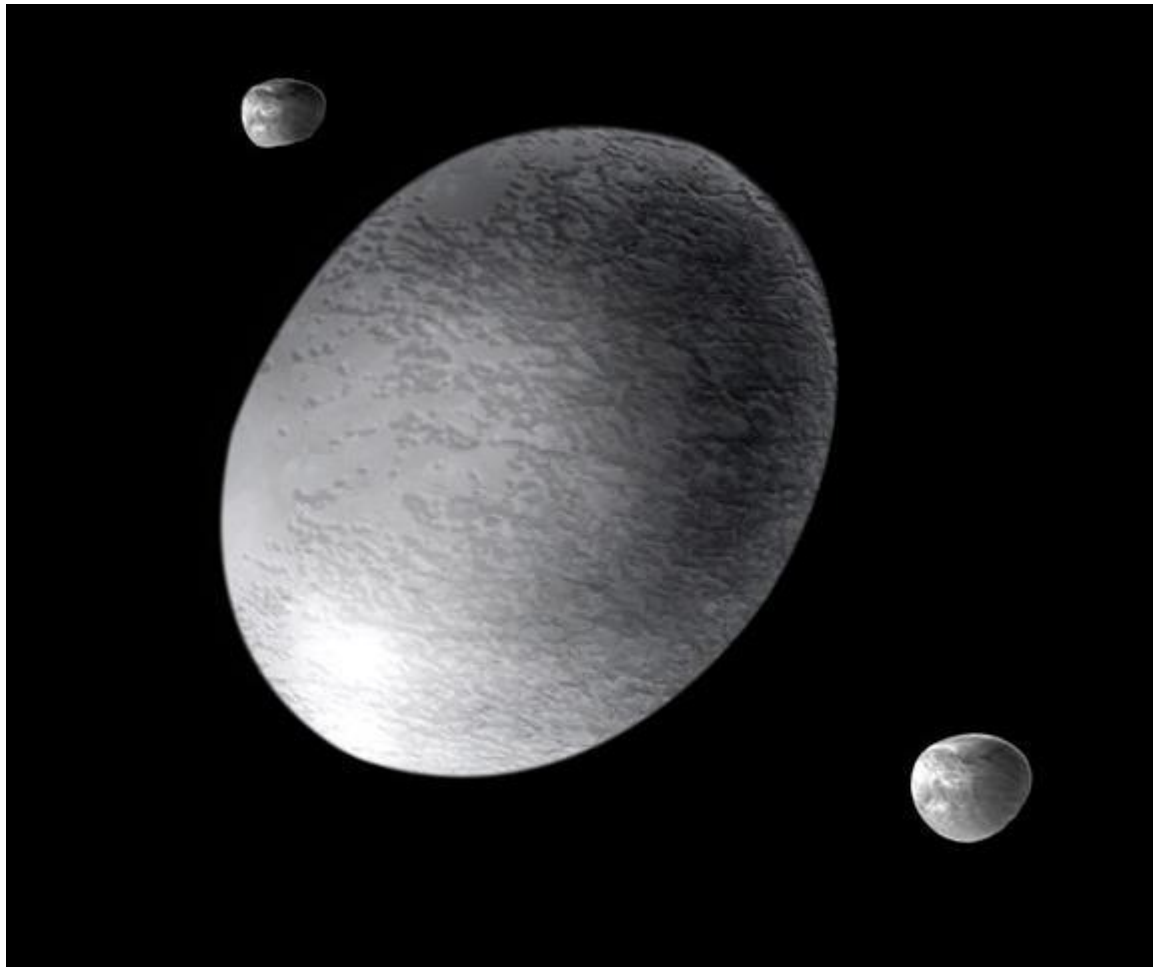
- Tai yra vienas iš greičiausiai besisukančių objektų mūsų Saulės sistemoje. Dėl greito sukimosi ji yra ištemptos sferos formos.
- Atradimas priskiriamas Siera Nevados observatorijai Ispanijoje 2003 m. kovo 7 d.
- Haumėja buvo pavadinta Havajų vaisingumo deivės garbei.
- Aplink Saulę apsisuka per 285 Žemės metus, aplink savo ašį – per 4 valandas.
- Gali būti, kad prieš milijardus metų milžiniškas smūgis sukėlė greitą Haumėjos sukimąsi ir sukūrė jos mėnulius.



Dailininko vizualizacija. Haumėja ir jos žiedas (© *IAA-CSIC / UHU)*

Haumėja

- Astronomai mano, kad Haumėja yra sudaryta iš uolienų ir yra padengta ledu.
- Turi du žinomus mėnulius: Namaka yra vidinis mėnulis, o Hi'iaka yra išorinis mėnulis. Abu jie pavadinti mitologinių Haumėjos dukterų vardais. Hi'aka yra Havajų salos ir hula šokėjų globėja deivė. Havajiečių mitologijoje Namaka yra vandens dvasia.
- Haumėja yra pirmasis žinomas Koiperio juostos objektas, turintis žiedus. Mokslininkai paskelbė atradimą 2017 m., stebėdami nykštukinės planetos praskriejimą pro žvaigždę.



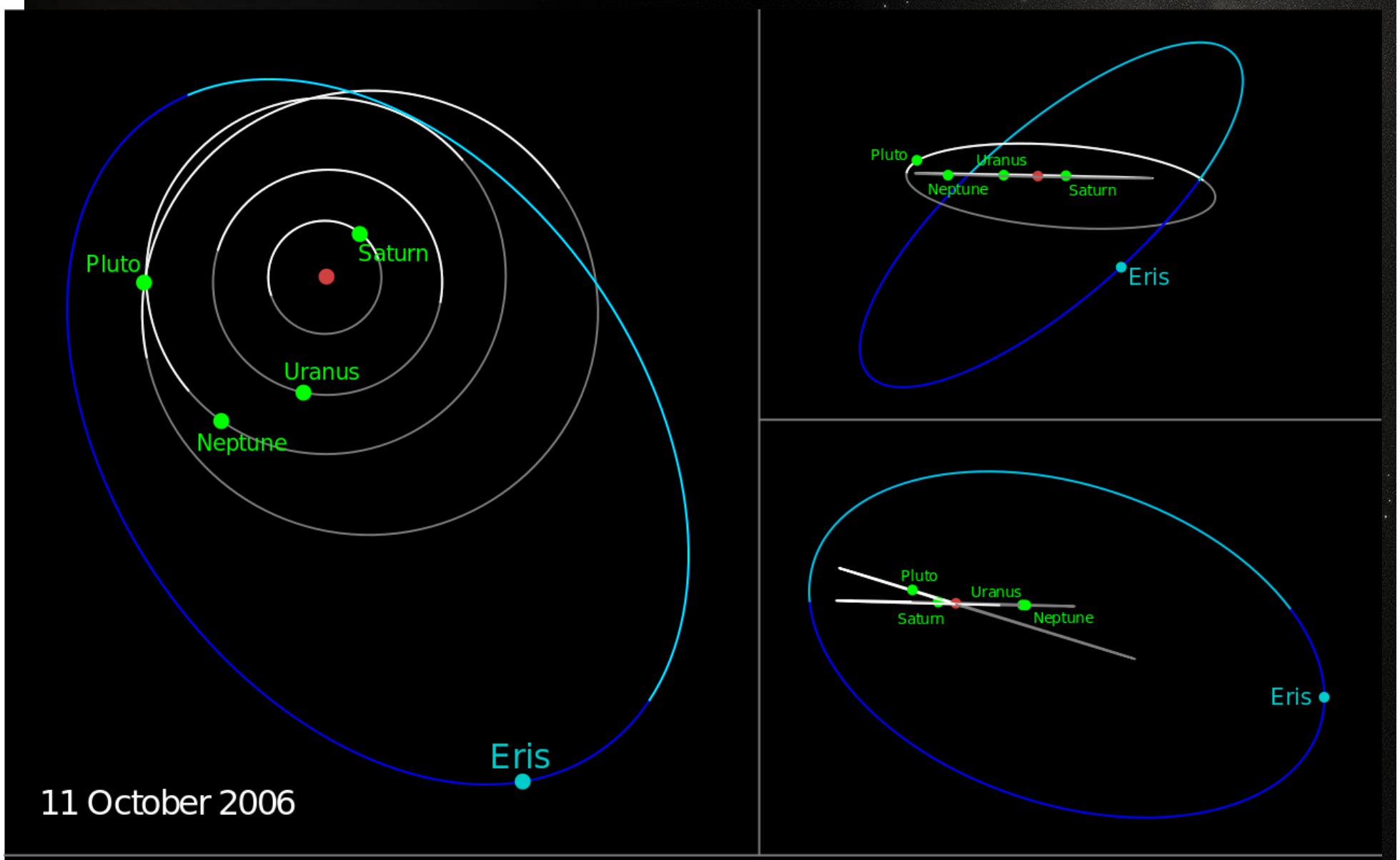
Dailininko piešinys (© A. Feild (Space Telescope Science Institute))

Eridė

- Viena didžiausių žinomų nykštukinių planetų Saulės sistemoje. Maždaug tokio pat dydžio kaip Plutonas, tačiau yra tris kartus toliau nuo Saulės ir yra masyvesnė už jį.
- Pirmiausia pasirodė esanti didesnė už Plutoną, todėl tai sukėlė diskusijas mokslo bendruomenėje, kurios paskatino 2006 m. TAS pergalvoti planetos apibrėžimą.
- Eridė pavadinta senovės Graikijos nesantaikos deivės vardu.
- Atrado 2003 m. spalio 21 d. M.E. Brownas, C.A. Trujillo ir D. Rabinowitzas Palomaro observatorijoje.
- Eridė, kaip ir Plutonas, yra šiek tiek mažesnė už Žemės Mėnulį.

Eridė

- Vienas Eridės apsisukimas aplink Saulę užtrunka 557 Žemės metus. Eridės orbitos plokštuma yra labai nutolusi nuo Saulės sistemos planetų plokštumos ir tęsiasi toli už Koiperio juostos.
- Paros trukmė Eridėje panaši į Žemės – 25,9 val.
- Apie Eridės vidinę struktūrą žinoma labai mažai.
- Greičiausiai turi uolėtą paviršių, panašų į Plutono. Mokslininkų manymu, paviršiaus temperatūra svyruoja nuo maždaug -217 iki -243 laipsnių šalčio.
- Turi labai mažą mėnulį, pavadintą Disnomija. Jos apskritiminė orbita trunka apie 16 dienų. Šis mėnulis pavadintas Eridės dukters, nusikalstamumo deivės, vardu.
- Disnomija kaip ir kiti maži mėnuliai aplink planetas ir nykštukines planetas astronomams leidžia apskaičiuoti pradinio kūno masę.



Orbit of Eris

(136199 Eris)

Perihelion: 37.77 AU
Aphelion: 97.56 AU
Eccentricity: 0.44
Inclination: 44°
Orbital period: 557 years

© NASA, ESA, Adolph Schaller

Namaka
Makemake
Luna
Hi'iaka
Haumea
Dysnomia
Eris
Charon
Earth
Ceres
Pluto

Ačiū už dėmesį!