

Bevezetés a csillagászatba 1

2018. december 5.

A Naprendszer kis égitestei



Objektumok és régiók

Mi?

- Méret szerint:
 - törpebolygók (≥ 800 km)
 - kisbolygók (1 km (/1 m) – 800 km)
 - meteoridok (0,1 mm – 1 km (/1 m))
 - bolygóközi por ($< 0,1$ mm)
- Egyéb:
 - aszteroida: (főleg) kőzetből álló kisbolygó
 - üstökös: (főleg) jégből álló kisbolygó, ami a Naphoz közel érve gázt ereszt
 - kentaurok, transzneptun objektumok, trójaiak, kubevánok, rezonánsok, stb.: az előfordulási hely alapján

Hol?

- Naphoz képest:
 - belső Naprendszer
 - aszteroida-övön belül
 - aszteroida-öv
 - külső Naprendszer
 - óriásbolygók régiója
 - transzneptun régió
 - Kuiper-öv
 - szórt korong
 - ... ? (Oort-felhő)
- bolygókhoz képest:
 - rezonánsok, trójaiak, stb.

Kisbolygók

- Felfedezés

- 1801. jan. 1 (az évszázad első napja): felfedezik a Cerest (Giuseppe Piazzi)
- C.F. Gauss: az új módszerével pályaszámítás: bolygópálya! (+ betömi a Titius-Bode szabály részét)
- 1802-1807: Pallas, Juno, Vesta → túl sok van kb. egy helyen: „aszteroida” (csillag-szerű: nincs korong)

- Ma > 700 000 ismert. Populációk:

- aszteroidák
 - földközeliak
 - trójaiak: Föld; Mars; Jupiter
 - aszteroida-öv
- távoli kisbolygók
 - kentaurok
 - Neptunusz trójaiak
 - transzneptun objektumok

- Összetétel

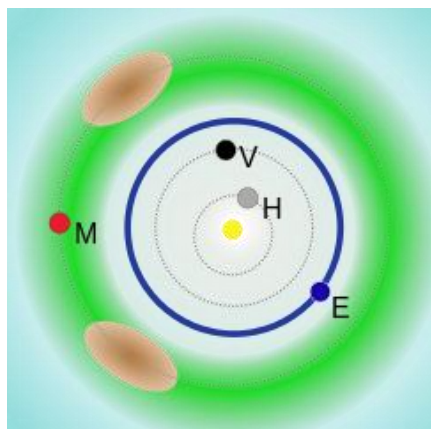
- kőzet
 - C – főleg szén (összes ismert $\frac{3}{4}$ -e)
 - S – szilikátok (~17%, öv belső peremén)
 - M – fémben gazdag (maradék)
 - (V – bazaltos (kevés))
- jég

Adott átmérőnél nagyobb kisbolygók becsült száma:

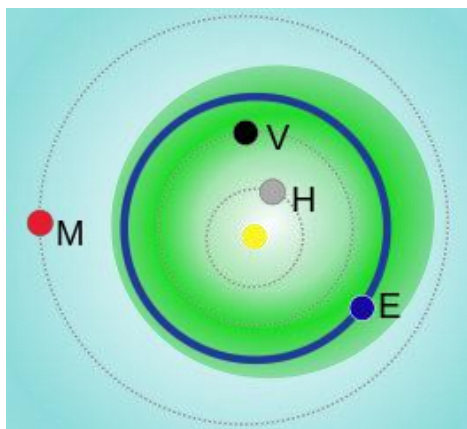
D	100 m	300 m	500 m	1 km	3 km	5 km	10 km	30 km	50 km	100 km	200 km	300 km	500 km	900 km
N	~25 000 000	4 000 000	2 000 000	750 000	200 000	90 000	10 000	1100	600	200	30	5	3	1

Földközeli aszteroidák

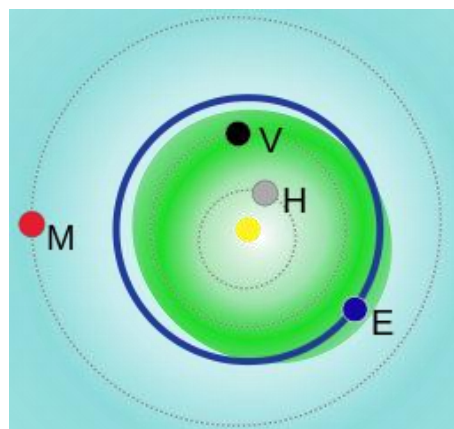
- Pályájuk mentén 1,3 CsE-re (vagy közelebb) megközelítik a Napot → a földpálya közelébe jutnak
- Kb. 15 000 ismert, méretük 1 m – 32 km (1 km felett kevesebb, mint 1000)
- Időleges pálya: néhány évmillió (perturbációk → instabil)
- Típusok alapja:
fél nagytengely (a), perihélium táv. (q) és aphélium távolság (Q)



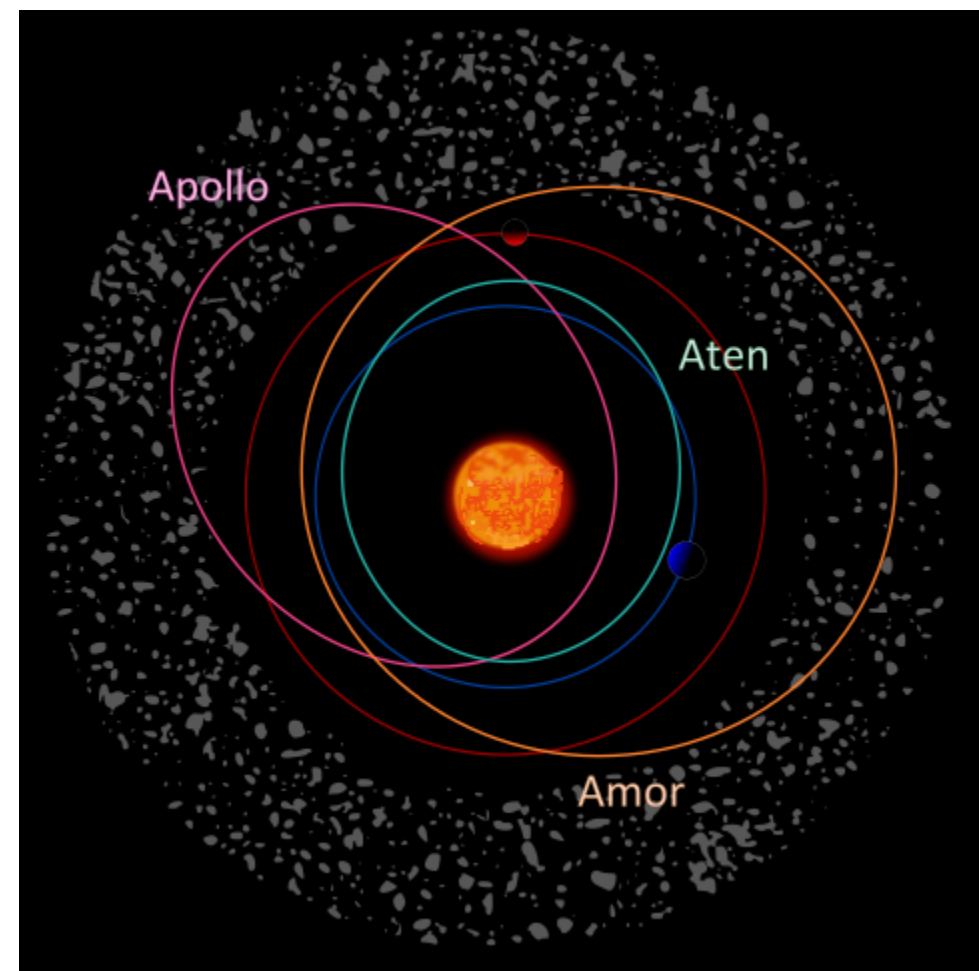
Amor
 $1,017 < q < 1,3$
5835 db



Apollo
 $a > 1,0; q < 1.017$
8144 db

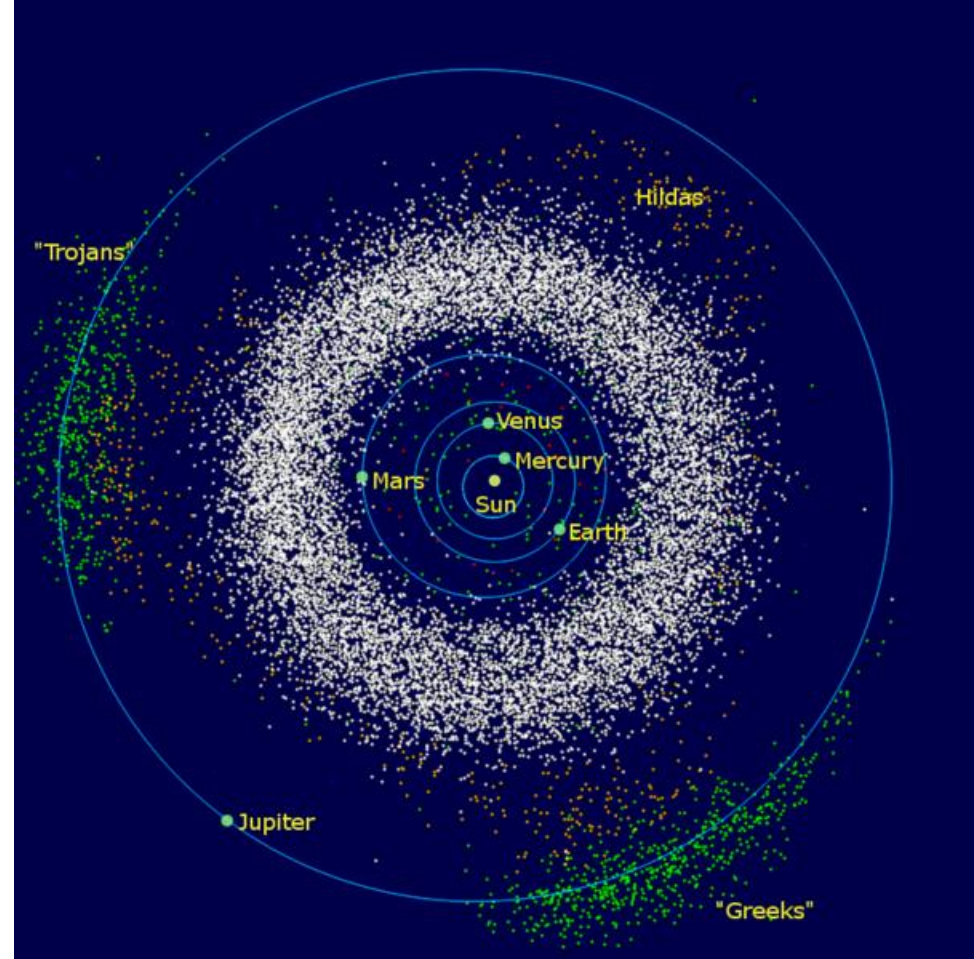
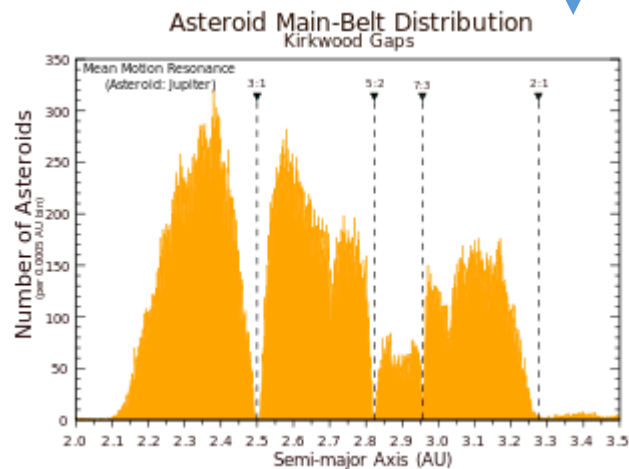
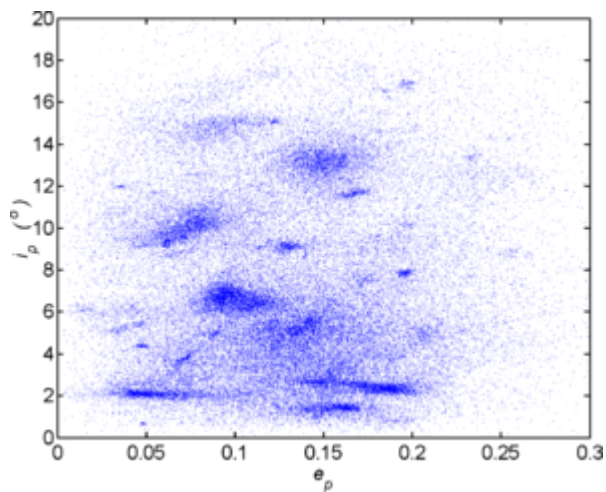


Aten
 $a < 1,0; Q > 0,983$
1105 db

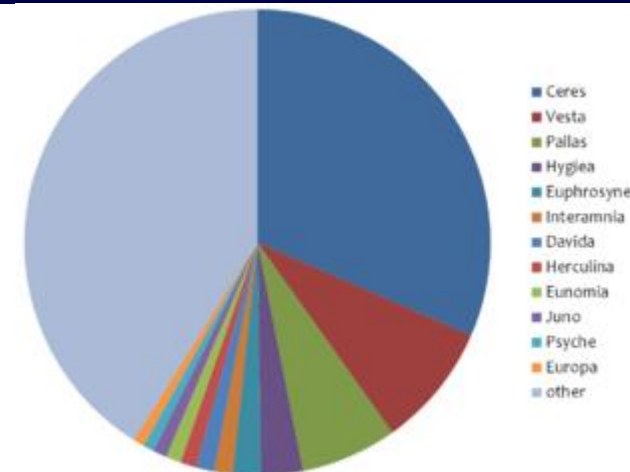


Az aszteroida-öv

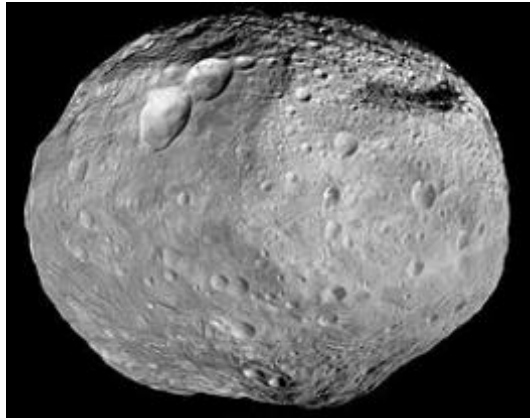
- Általában $e < 0,4$; $i < 30^\circ$ (a többég kb. kör és „lapos”)
- Össztömeg: a Hold tömegének kb. 4%-a
- Eredet: a lassan összeálló bolygócsírákat a Jupiter szétrázta, az ösztömeg túlnyomó többségét kidobta
- Jupiter jelenlegi perturbációi: pl. Kirkwood-rések (rezonáns pályasávok kiürülnek)
 - főv: 4:1 és 2:1 rezonanciák (2,06 és 3,27) CsE között (→ itt van a Napr. ismert kisbolygónak 93,4%-a)
- Családok: összetartozó a , e és i értékek
→ többnyire szétdarabolt, nagyobb testek maradványai



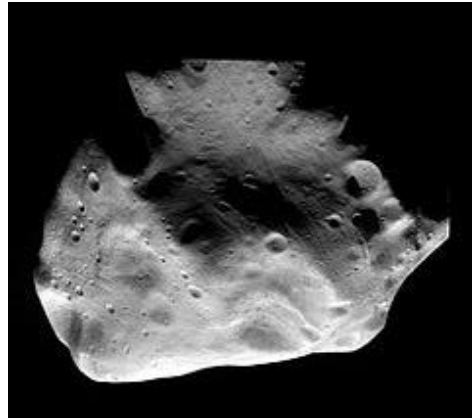
A legnagyobb aszteroidák és a maradék tömeg-megoszlása: itt már sok van a kicsikben



Néhány aszteroida



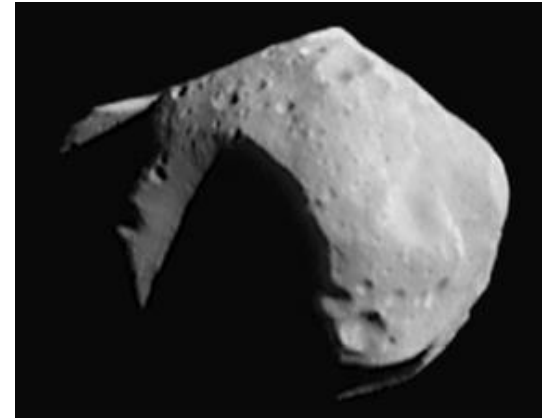
4 Vesta, ~500 km



21 Lutetia, ~120x75 km



243 Ida, ~60x20 km



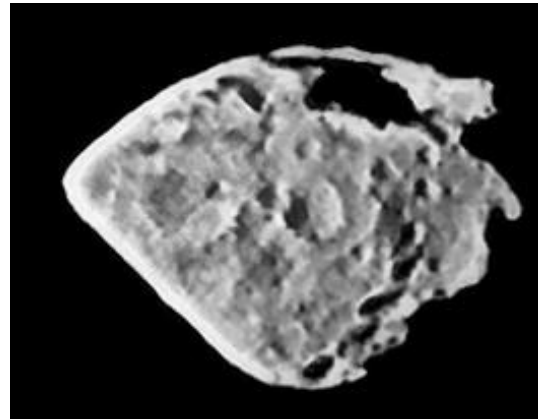
253 Mathilde, ~65x45 km



433 Eros, ~35x10 km



951 Gaspra, ~20x10 km



2867 Šteins, ~6,5x4,5 km

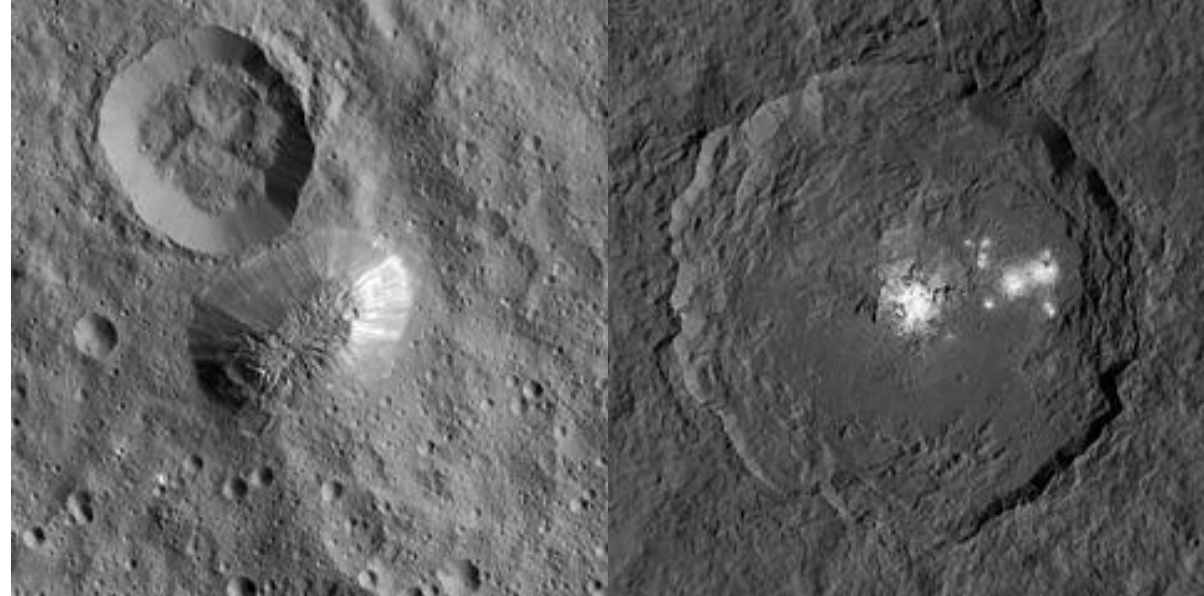


25143 Itokawa, ~500x200 m

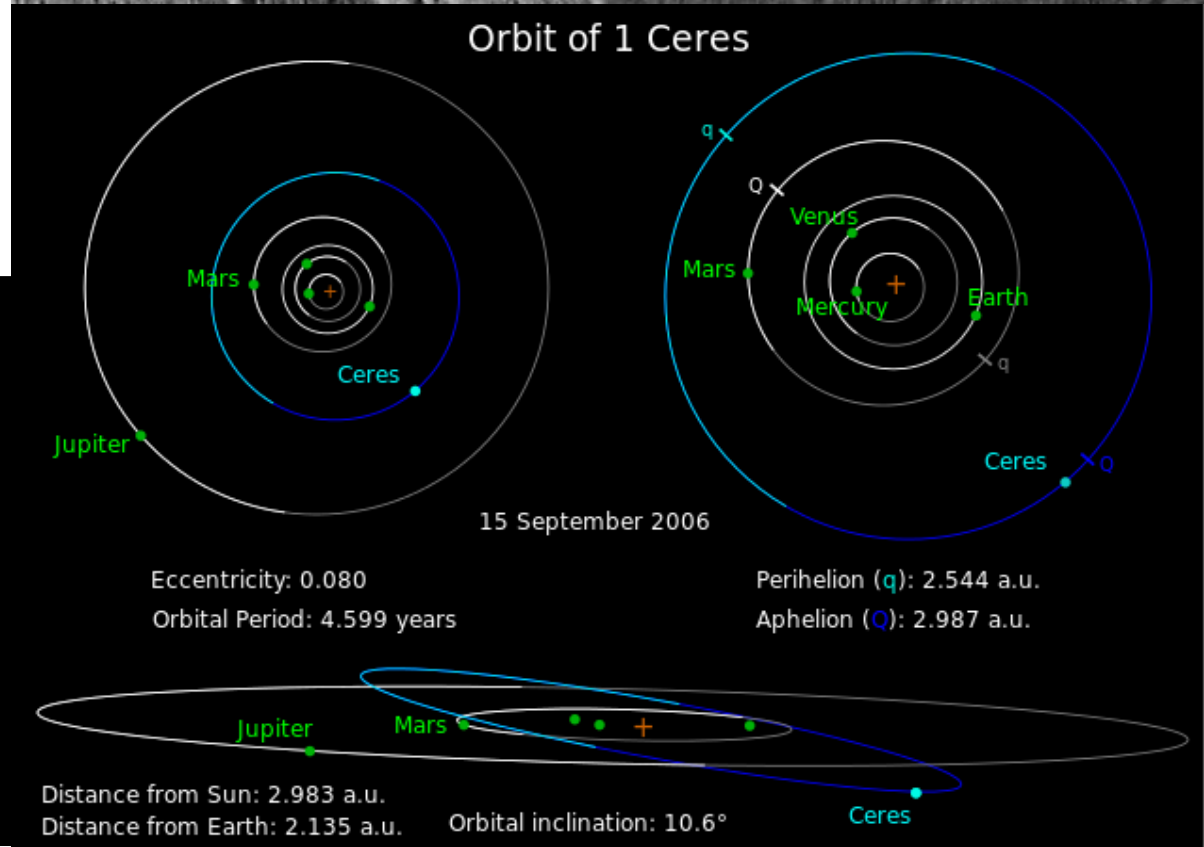
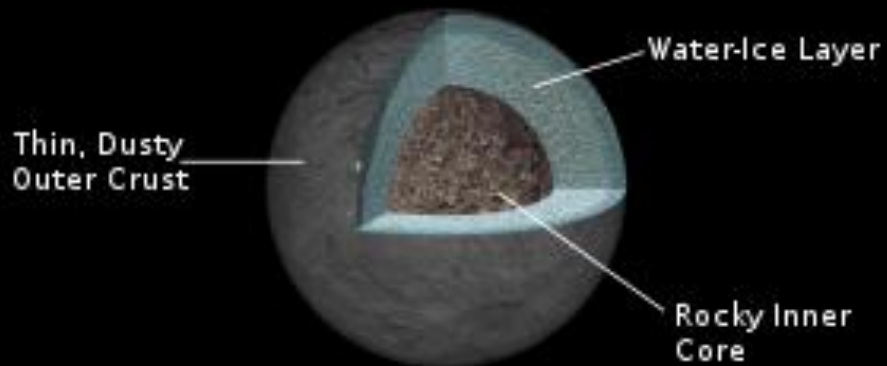
Ceres



- Az aszteroida-öv egyetlen törpebolygója
- Az aszteroida-öv tömegének $\frac{1}{3}$ -a
- Differenciált belső:
 - szikla mag
 - jég köpeny (+ talán folyékony víz)
- Felszín:
 - vízjég, karbonátok, agyag
 - kráterezett, aktivitásnak nincs jele, de:
 - egyes formák (+ jelenlévő anyagok) a közelmúltban zajló jégvulkánosságot sejtetnek

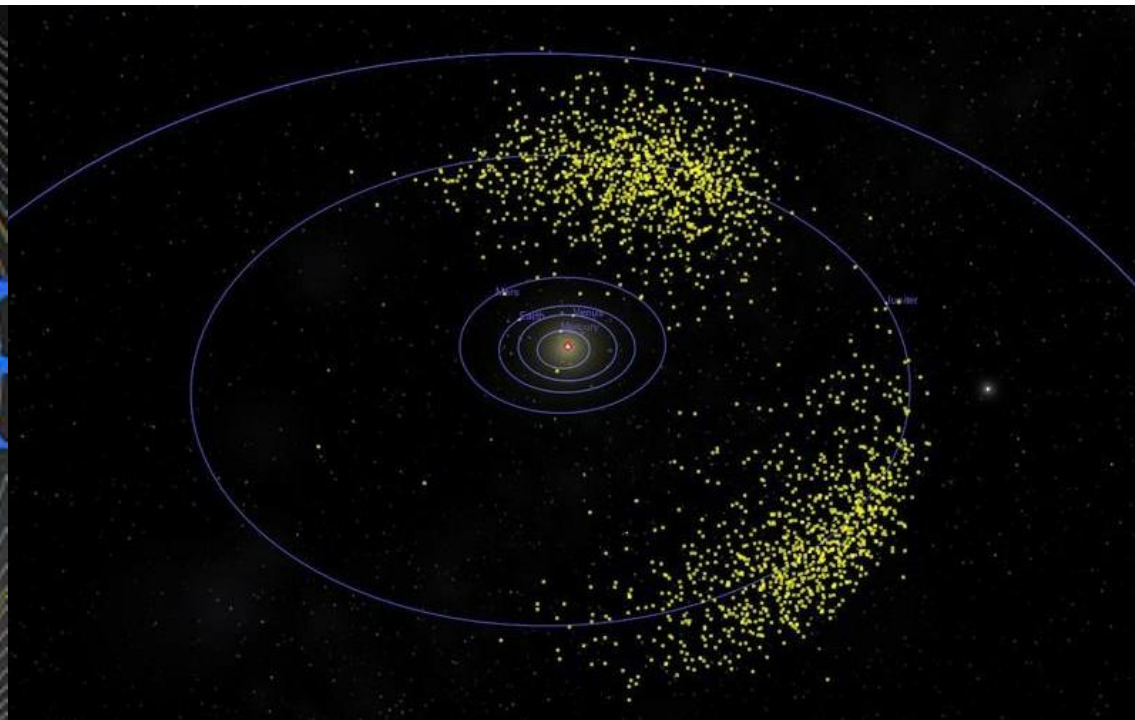
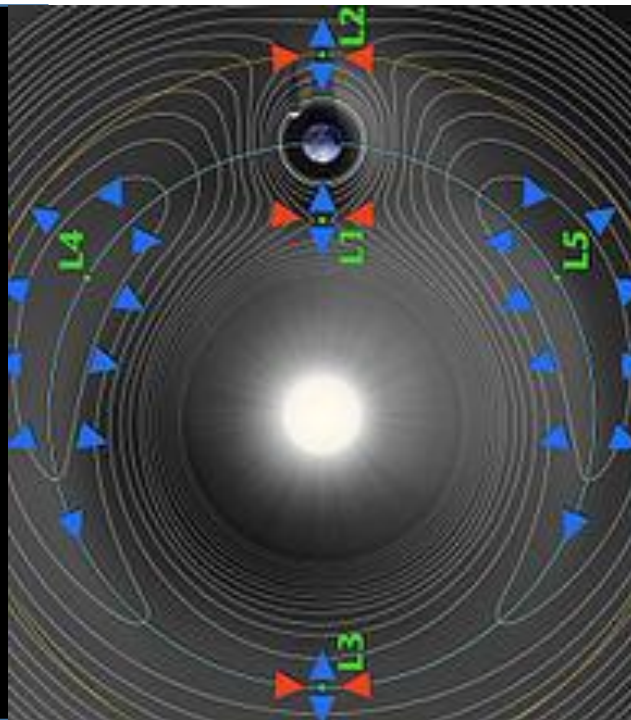
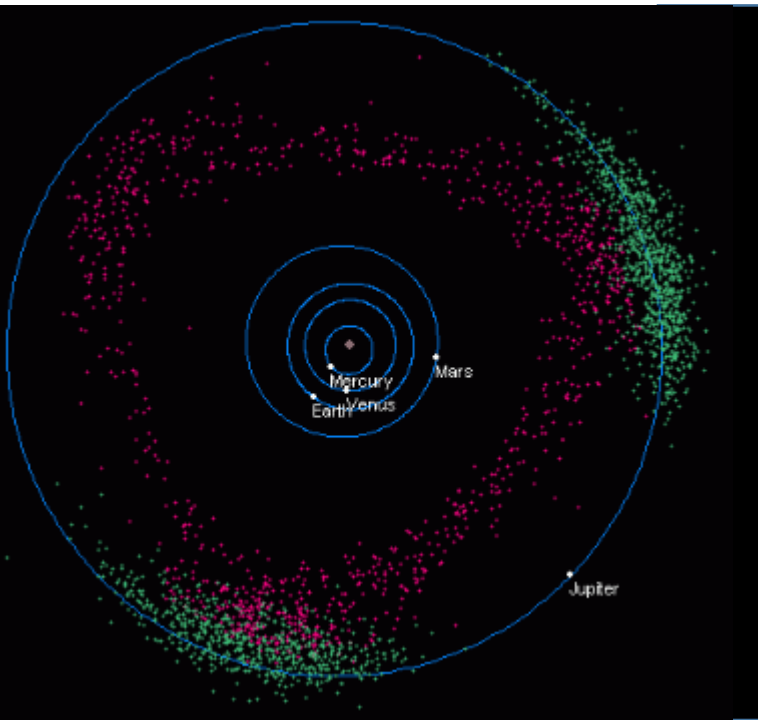
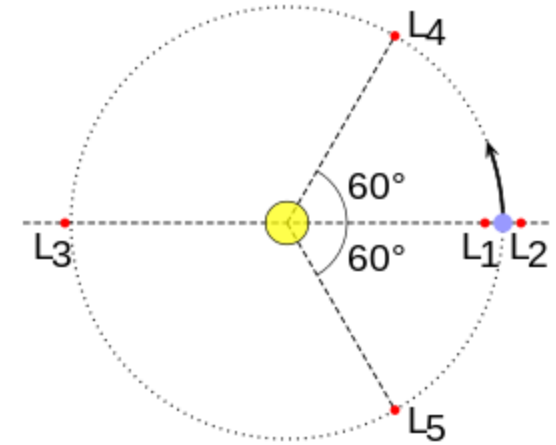


Interior Structure of Ceres



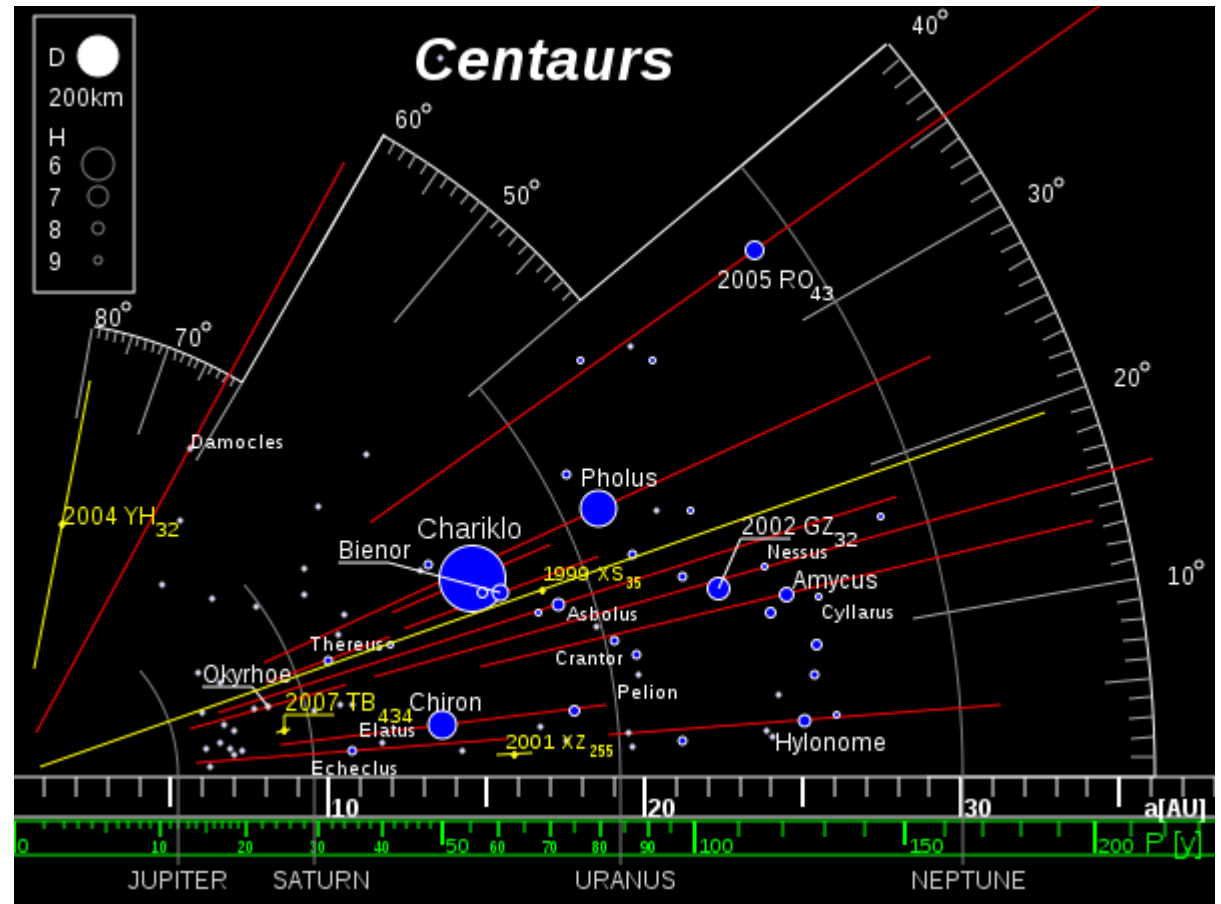
Trójaiak

- Egy másik, nagyobb égitest (bolygó) pályáján, előtte vagy mögötte 60° -kal
→ ún. L_4 és L_5 Lagrange-pontok: stabil pozíció
- A legtöbb a Jupiter pályáján: L_4 a „görögök” és L_5 a „trójaiak”
 - > 6000 ismert, > millió létezik (1 km-es méret fölött)
→ feltehetőleg kb. annyi, mint az aszteroida-öv objektumai
 - v. ö. Vénusz 1, Föld 1, Mars: 7, Uránusz 1, Neptunusz: 18 ismert (N-nél sokkal több lehet, mint J-nél)



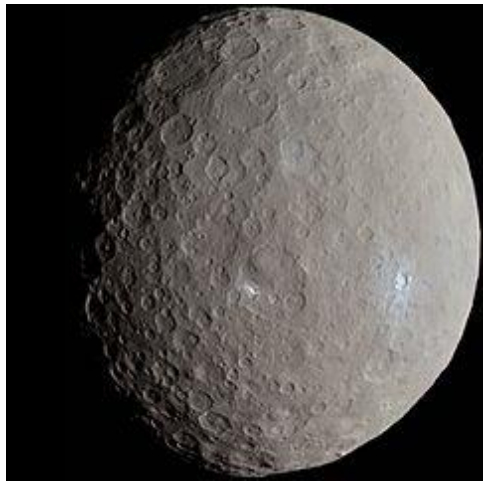
Kentaurok

- Kisbolygók a Jupiter és a Neptunusz pályái között
- Instabil pályák → néhány millió évig marad meg
- aszteroida és üstökös keveréke → „kentaur”
 - aszteroida-szerű spektrum (kőzetek), de
 - elnyúltabb pályák, néha kómát ereszt
- Becslés 44 000 db (> 1 km)
- Legnagyobb ismert: 10199 Chariklo
 - 260 km átmérő
 - ~4:3 rezonancia az Uránusszal
 - gyűrűrendszere van

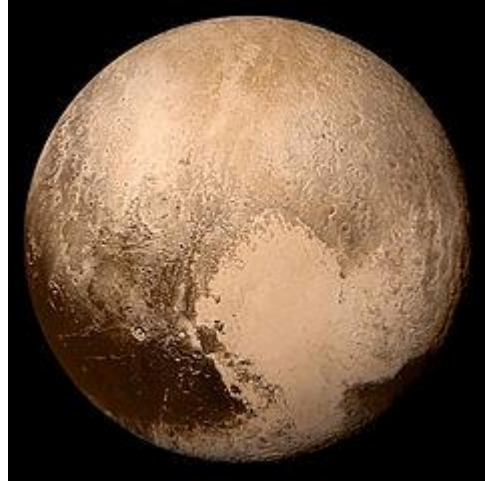


A törpebolygók

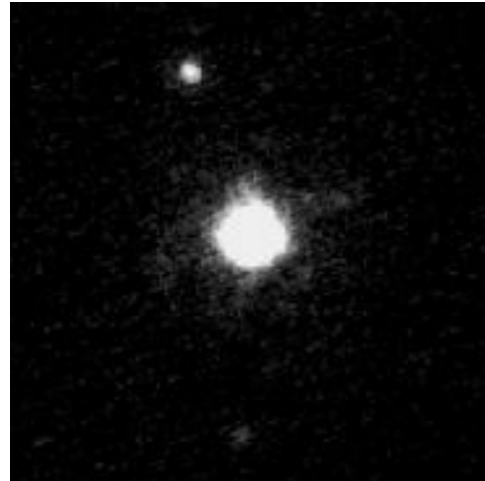
Bolygó-szerű objektumok (gömb* alakú elsődleges planetáris test) ,
de nem elég dominánsak ahhoz, hogy kipucolják a pályájuk környezetét



Ceres



Pluto



Haumea



Makemake



Eris

* Haumea inkább elnyúlt ellipszoid → lényeg: hidrosztatikai egyensúly: a gravitáció ellentart a belső nyomásnak

A törpebolygók adatai

	Fél nagy- tengely [CsE]	Keringési idő [év]	Excentricitás	Inklináció [°]	Méret [km]	Tömeg [Hold %-a]	Sűrűség [g/cm ³]	Felszíni hő- mérséklet [K]	Forgási idő [nap]	Ismert holdak száma	
elismert	Ceres #	2,77	4,6	0,08	10,6	946	1,3	2,17	167	0,38	0
	Pluto *	39,5	248	0,25	17,1	2372	17,8	1,87	44	-6,4	5
	Haumea *	43,1	283	0,20	28,2	~1250	5,5	~3	~30	0,16	2
	Makemake *	45,8	310	0,16	29,0	~1430	?	>1,4	~30	0,32	1
	Eris +	67,7	557	0,44	44,2	2326	22,7	2,5	~42	~1	1
néhány jelölt	Orcus *	39,2	245	0,23	20,6	~900	0,9	?	<44	0,55	1
	2002 MS ₄ *	41,9	272	0,14	17,7	~950	?	?	~43	?	0
	Salacia *	42,2	274	0,10	23,9	~850	0,6	~1,2	?	0,25	1
	Quaoar *	43,1	286	0,04	8,0	~1100	~2	?	~43	0,74	1
	2007 OR ₁₀ +	67,2	551	0,50	30,7	~1500	?	?	?	1,87	0
	Sedna ?	518,6	~11400	0,85	11,9	~1000	~1,4	?	~12	0,42	0

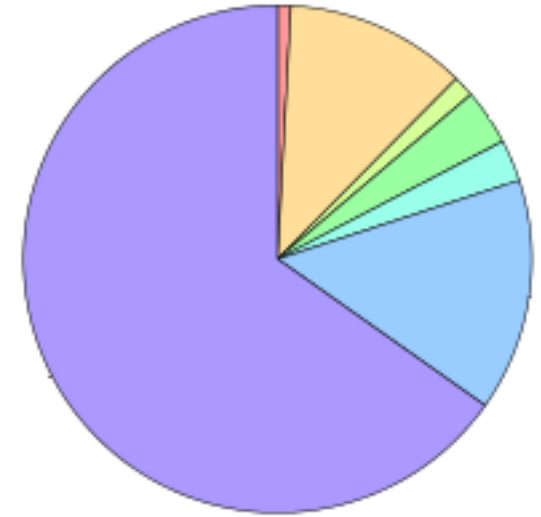
kisbolygó-öv

* Kuiper-öv

+ szórt korong

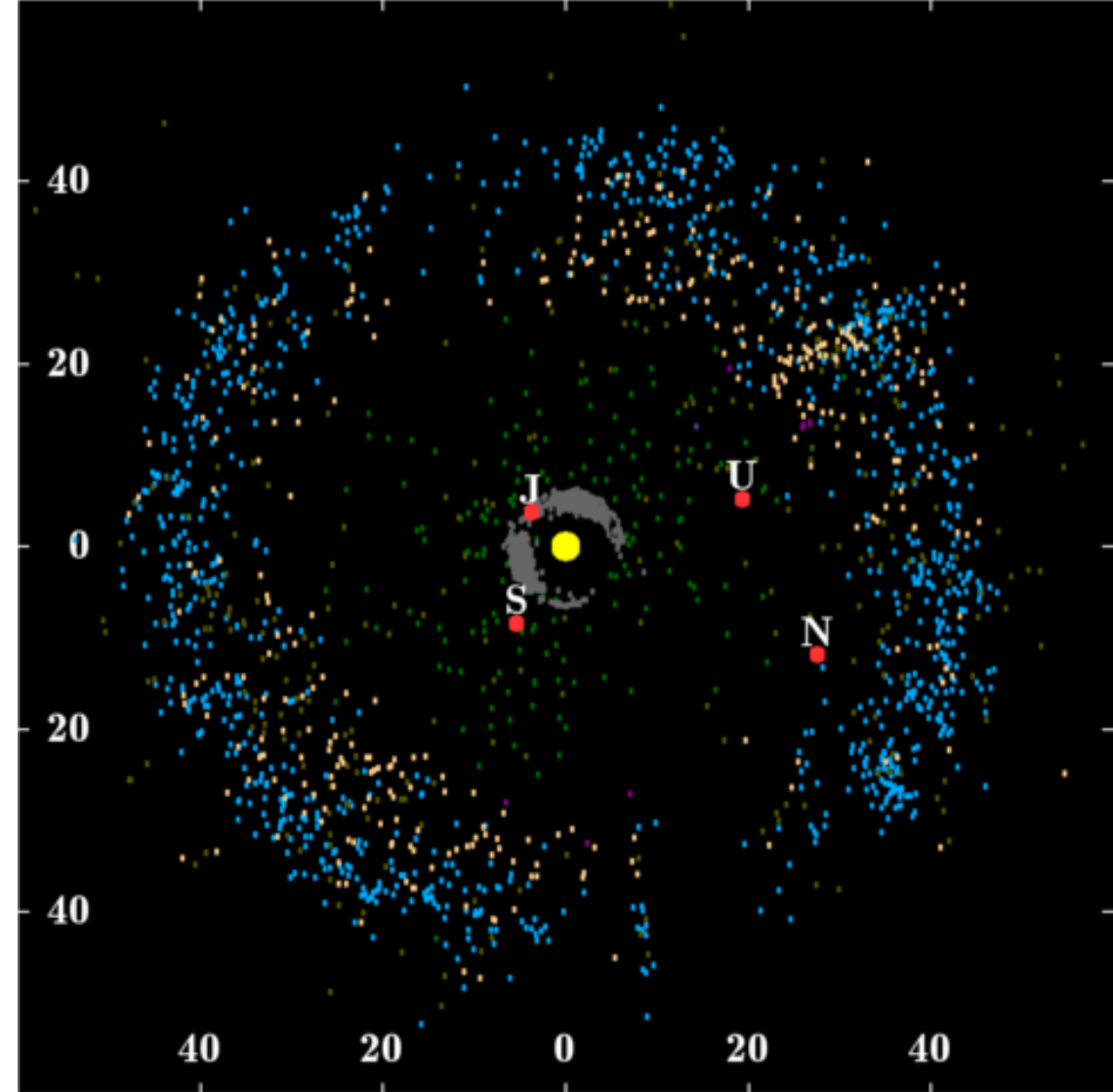
? ? („elkülönülők”)

A legnagyobb TNO-k (transzneptun objektum) és relatív tömegeik



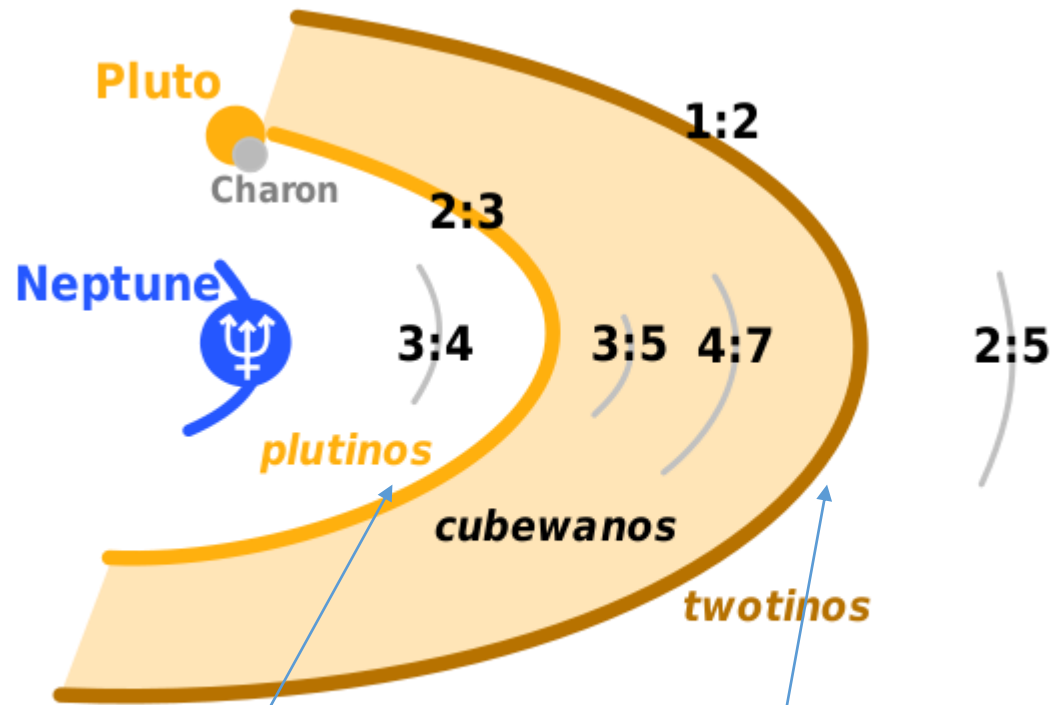
Túl a Neptunuszon 1: a Kuiper-öv

- ~30-55 CsE
 - klasszikus K-öv: 40 CsE (3:2) – 48 CsE (2:1)
- tömege kb. 20-200-szorosa az aszteroida-övének
 - 100 km feletti objektumból legalább százezer
 - törpebolygói: ún. plutoidok
- anyaga főleg jég (H_2O , NH_3 , CH_4)
- objektum-típusok
 - kubevánok (klasszikus K-öv objektumok), kicsi i és e
pl. Makemake, Salacia, Quaoar
 - rezonáns (keringés a Neptunusszal), nagyobb i és e
 - (Neptun-trójaiak (1:1))
 - plutinók (3:2): Pluto, Orcus
 - egyebek: pl. Haumea (12:7)
- dinamikailag stabil



kék: ismert Kuiper-öv objektumok
drapp: szórt korong objektumok
zöld: kentaurok
szürke: Jupiter trójai kisbolygói

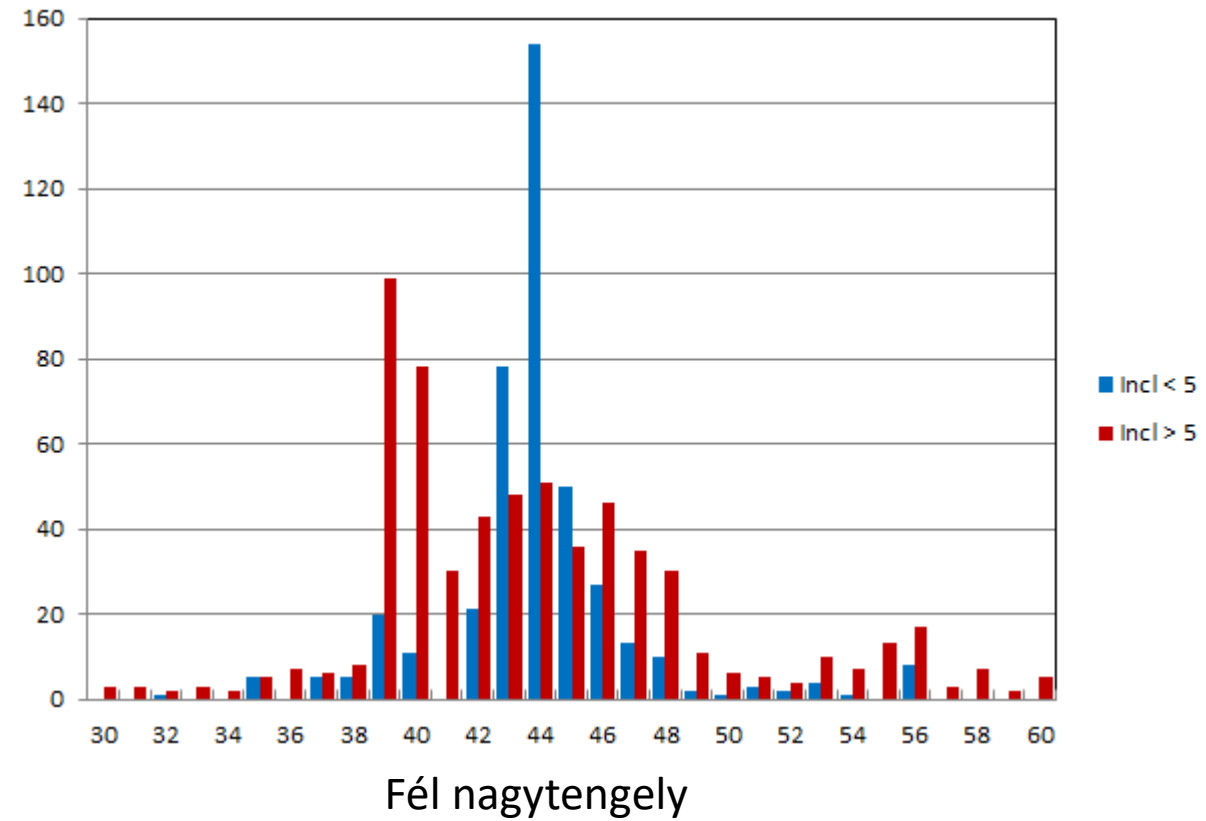
Pályarezonanciák



kb. 200 ismert

Kuiper-szakadék:
innentől kifelé jóval kevesebb
van, mint amit várnánk

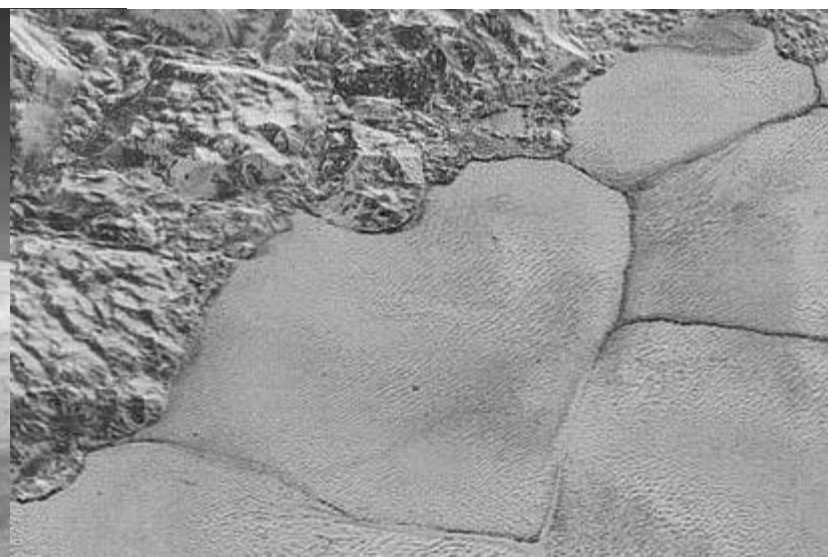
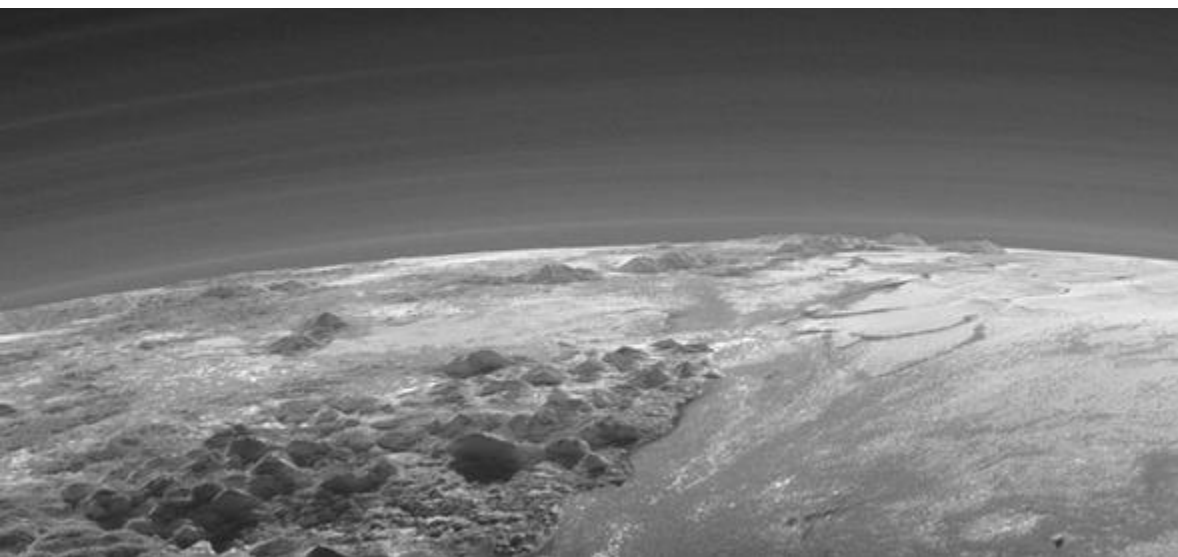
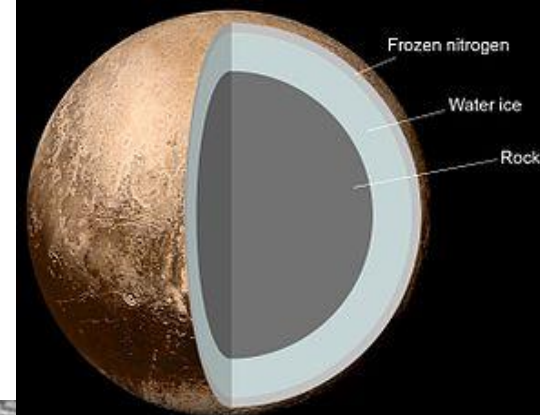
Kuiper-objektumok eloszlása



Pluto



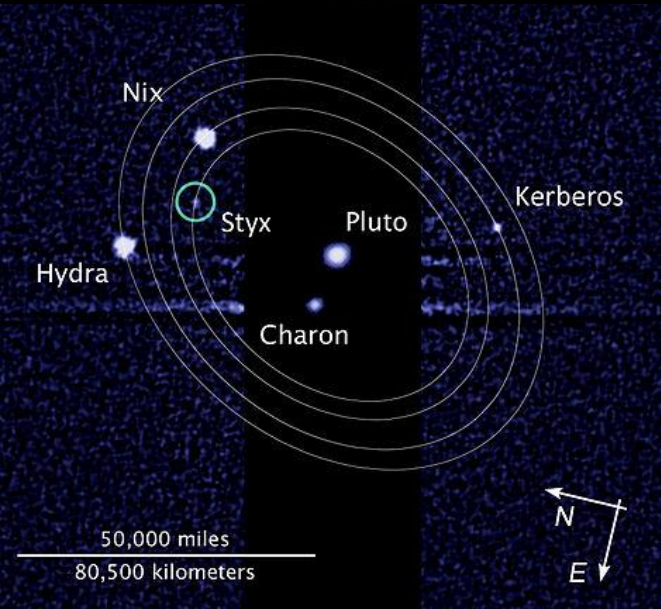
- 1930-2006: a 9. bolygó („Plútó”), azóta törpebolygó („Pluto”)
- Felépítés:
 - nagy kőzetmag, azon vízköpeny (részben folyékony), főleg folyékony N-kéreg
- Felszín:
 - fiatal → változatos formáló erők: becsapódás, jégvulkánok, gleccserek
 - kontrasztos és sokszínű: fekete, fehér, vörös, narancs...
 - idős, kráterezett, sötét síkságok; fiatal, töredezett síkságok; vízjég-hegyek...
- Légkör:
 - ritka (~ 1 Pa) – N_2 , CH_4 , CO



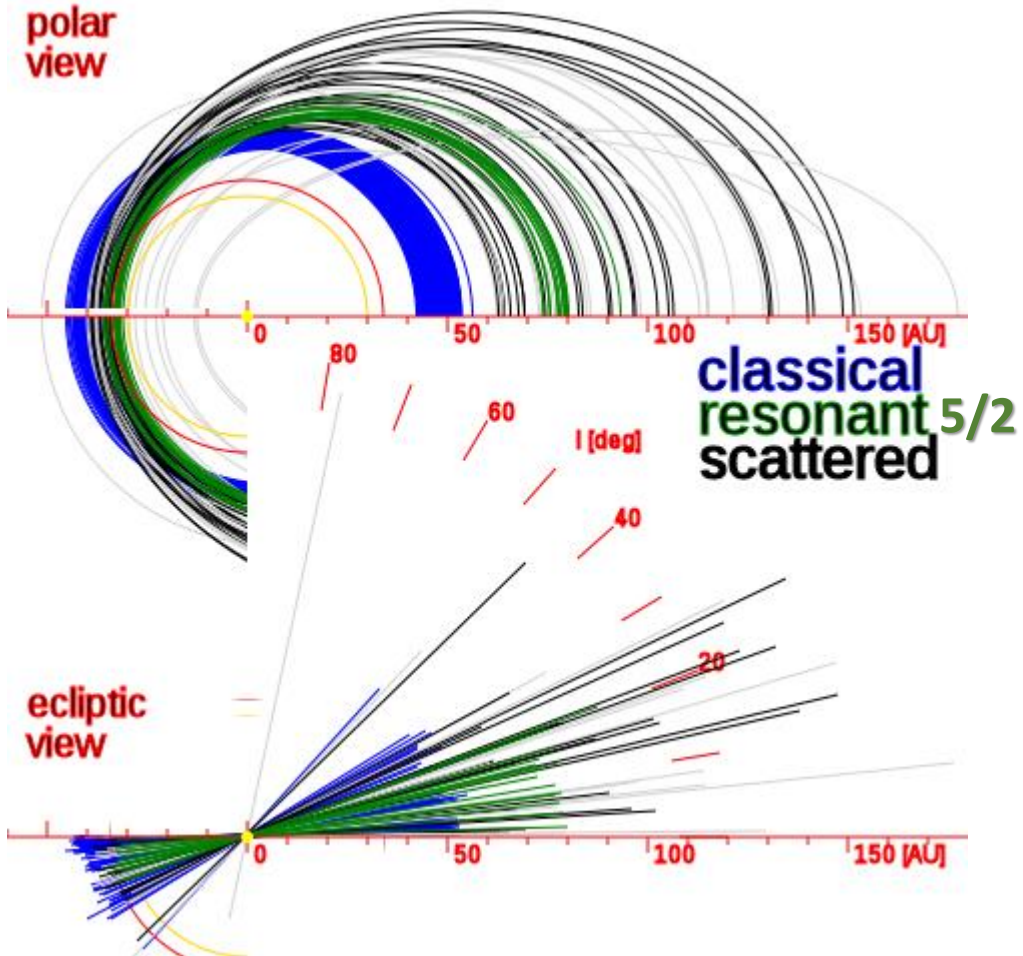


A Pluto holdjai

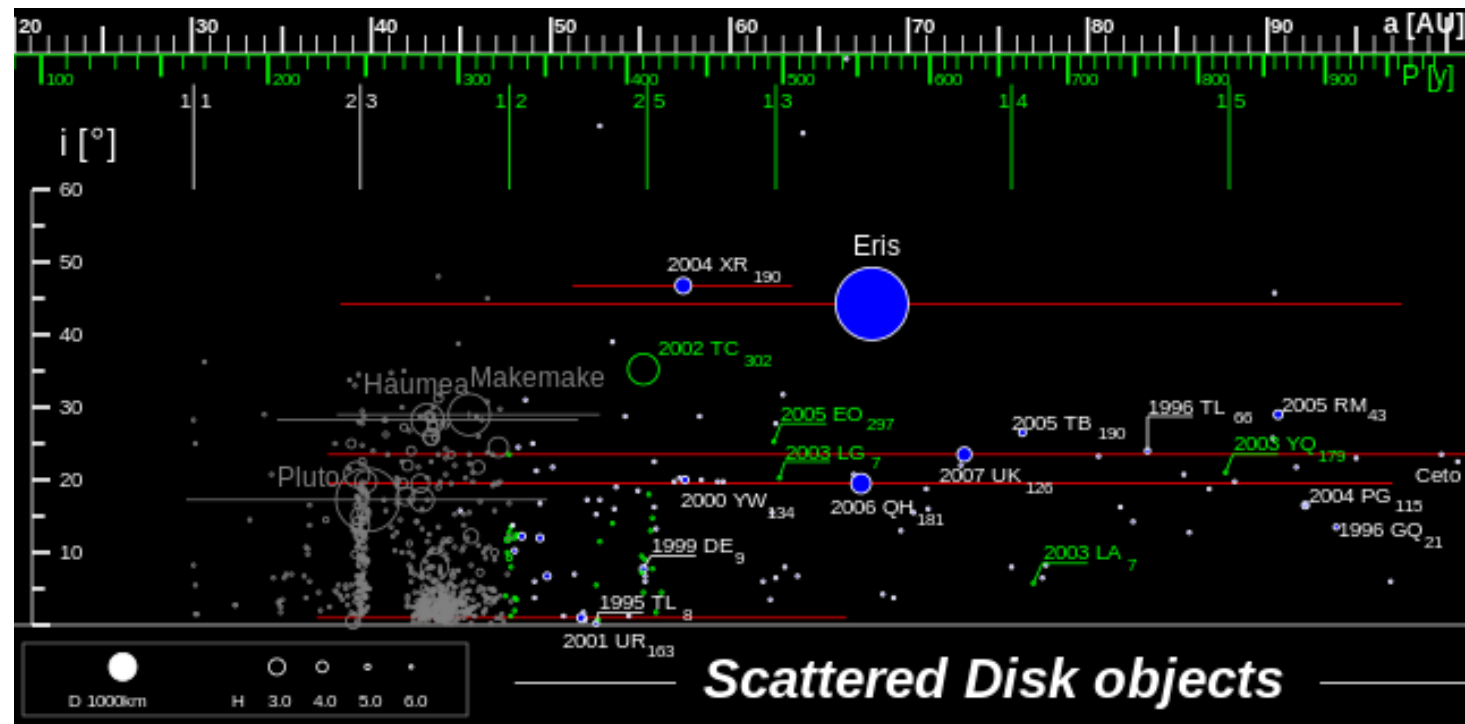
- szabályos keringések:
 - mind körpálya,
 - Pluto egyenlítői síkjában
 - nagyon közel vannak a Plutóhoz (kompakt rendszer)
 - furcsa pályarezonanciák, pl. 18:22:33
 - legnagyobb: Charon
 - elég nagy a hidrosztatikai egyensúlyhoz
 - a rendszer közös TKP-ja a Plutón kívül esik (8:1 tömegarány)
 - kölcsönösen kötött forgások
- inkább kettős törpebolygó, mint törpebolygó-hold rendszer



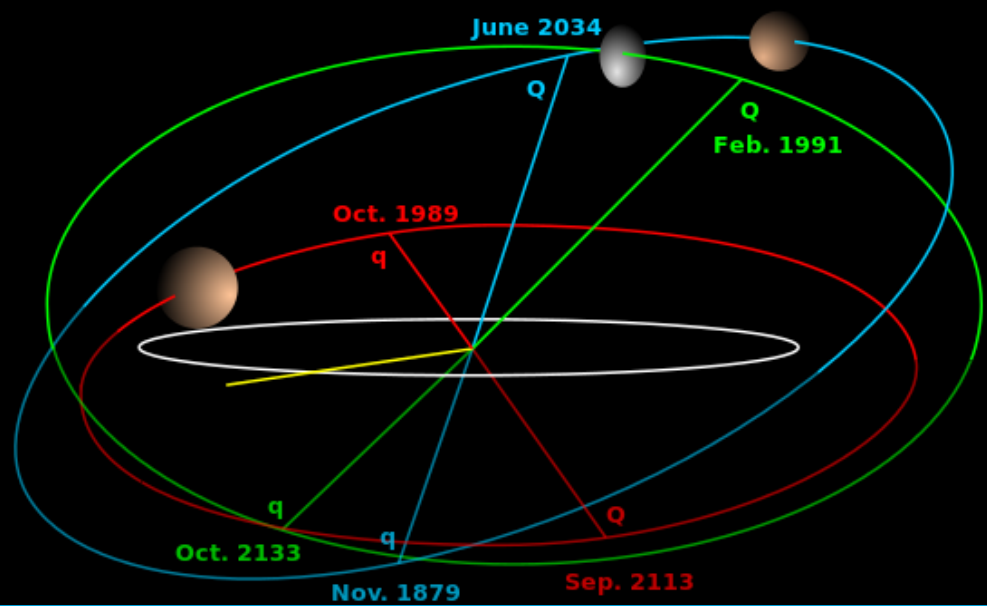
Túl a Neptunuszon 2: a szórt korong



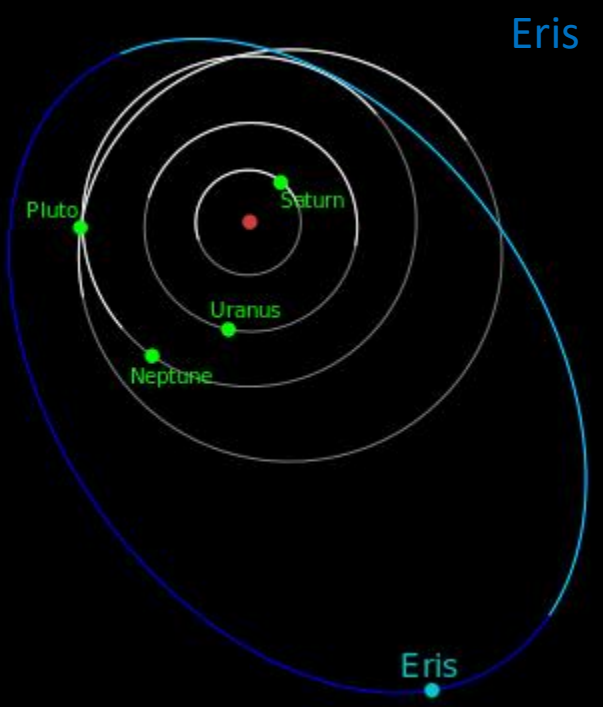
- ~35 CsE → 100 CsE
- elnyúlt, hajlott pályájú jég-kisbolygók:
perihélium 30-40 CsE körül, aphélium akár 100 CsE felett
- eléggé instabil pályák
 - óriásbolygók (Neptunusz) perturbációja miatt
 - a rövid periódusú üstökösök egyik forrásvidéke



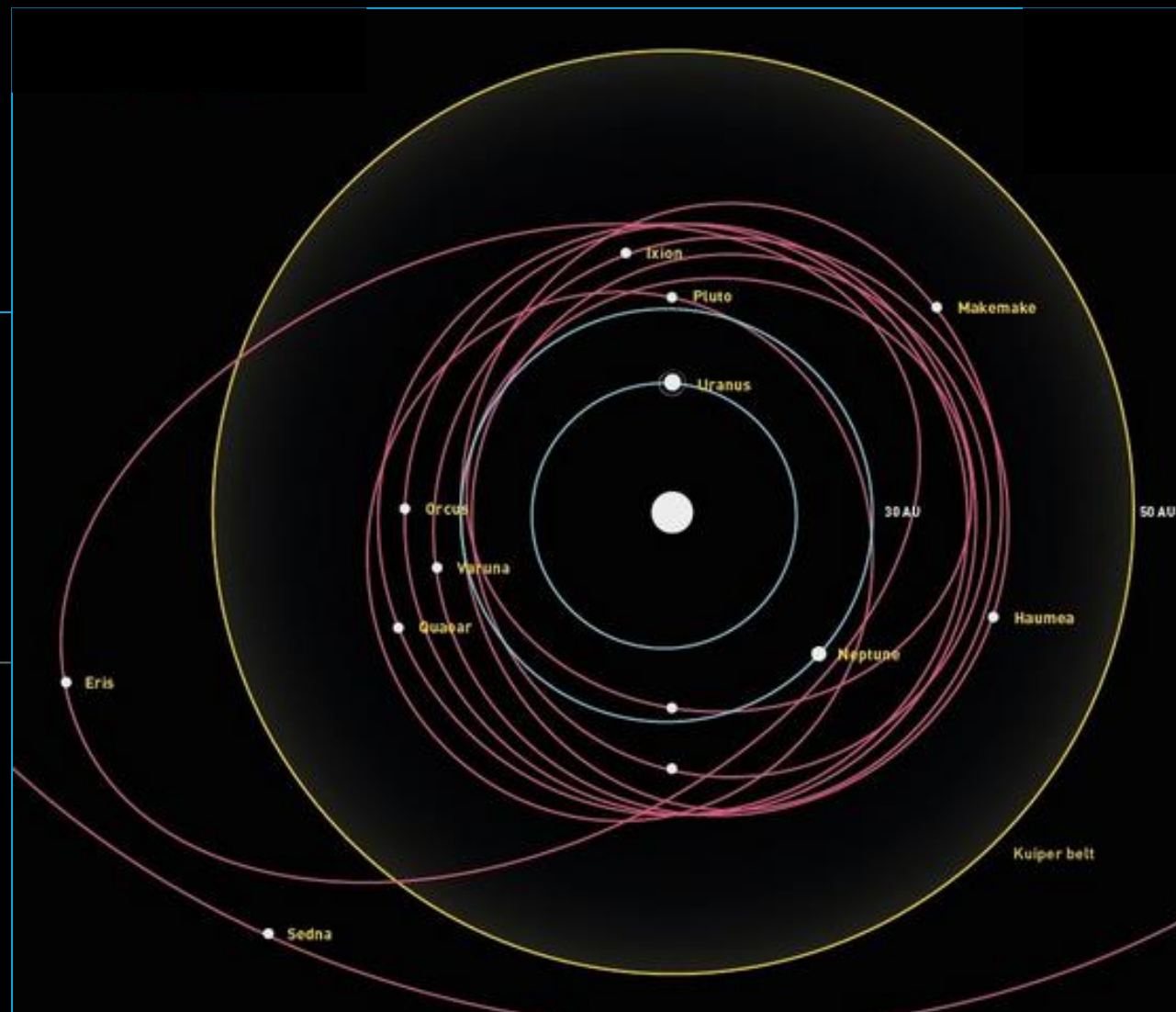
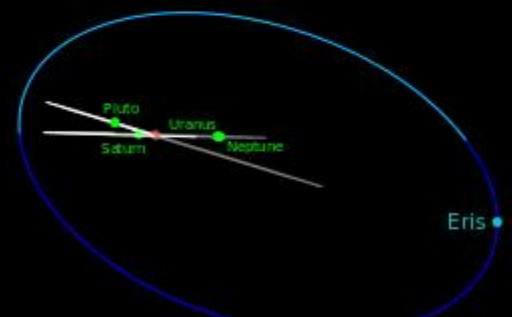
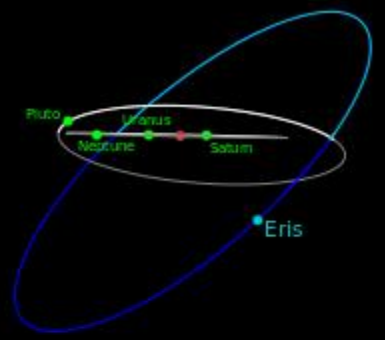
Néhány pálya



- Neptunusz
- Haumea
- Makemake
- Pluto

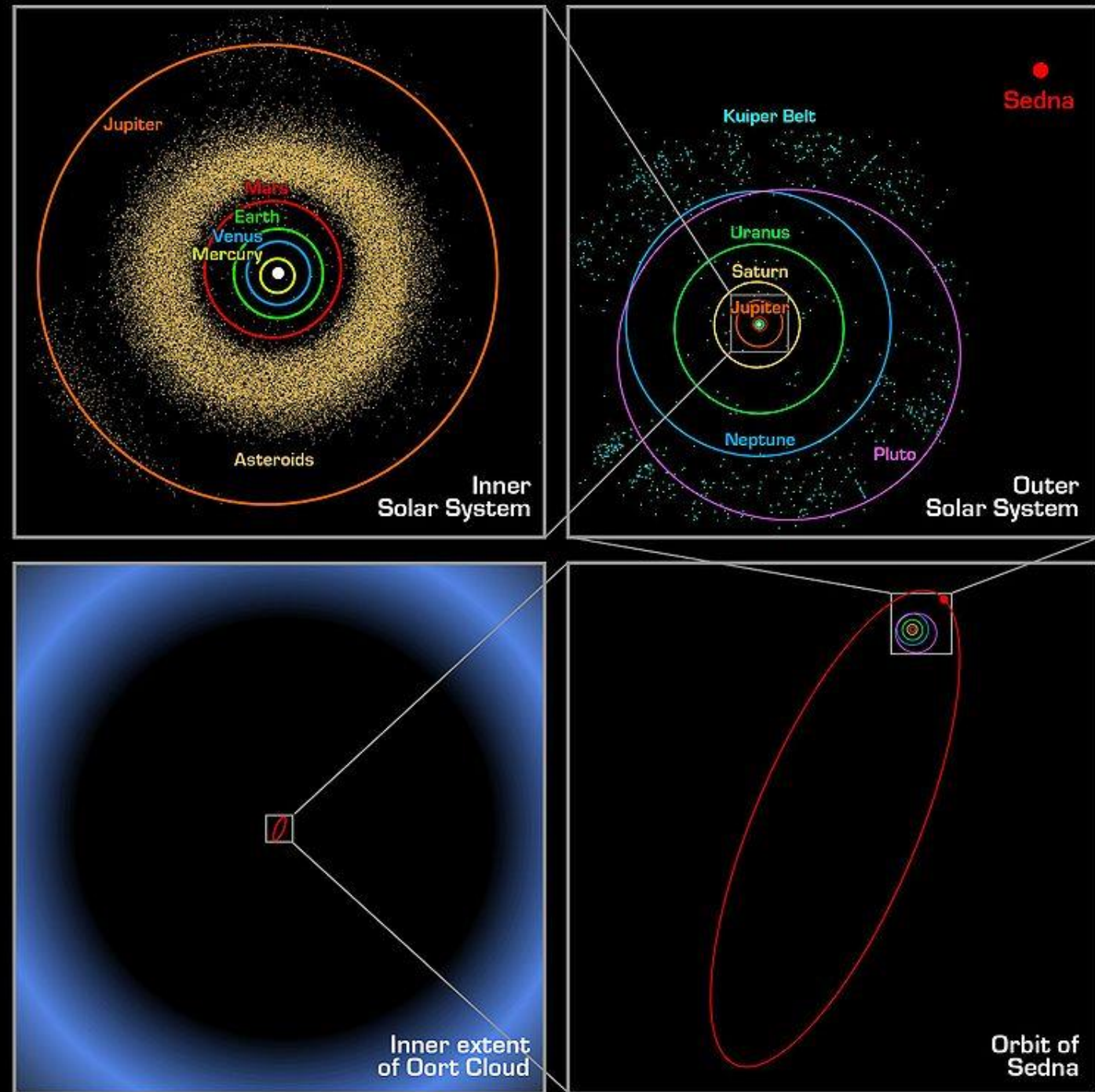


Eris



Túl a Neptunuszon 3: az Oort-felhő

- Feltételezett jégtest-felhő a Naprendszer külső határán
 - nincs rá bizonyíték
- több ezer v. tízezer CsE
 - a Kuiper-öv több, mint ezerszerese
- Feltételezett struktúra:
 - belső Oort-felhő: lapult korong
 - külső: gömbszimmetrikus
- Jég-kisbolygók billiói
 - össztömeg meghaladhatja a Földét
- Hosszú periódusú üstökösök forrása



Üstökösök

Jeges kisbolygó, amely erős excentricitású pályája mentén a Nap közelében anyagot ereszt.



- Mag: maga a kisbolygó
 - párszáz m-től néhányszor tíz km-ig
 - főként H_2O , CO_2 (és egyéb) jég, közte por és kőzetdarabok
- Kóma:
 - 3-4 CsE-en belül fejlődik a mag réseiből párologva
 - 10-100 ezer km nagyságú burok a mag körül
 - főleg H_2O és bomlástermékei + por
- Csóva:
 - több tíz millió km, de ritka ($1-10$ molekula/ cm^3)
 - iránya a Nappal ellenétes (a napszél és a sugárzás fújja)
 - elkülönül:
 - gázcsóva: egyenes (ionizált molekulák \rightarrow fénylik)
 - porcsóva: kicsit görbe (visszavert napfény)

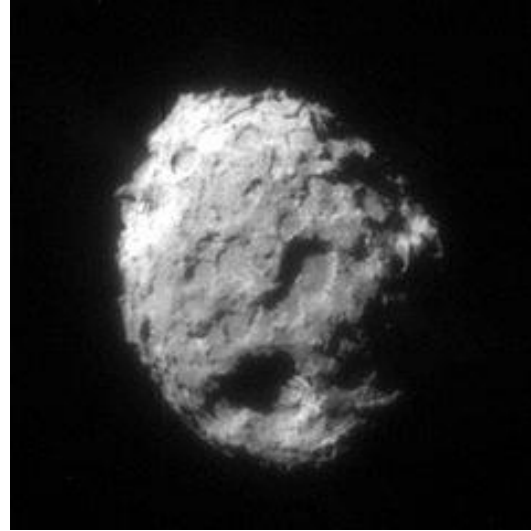
Néhány üstökös mag



Halley-üstökös (1P/Halley)
~ 15 x 8 km



9P/Tempel
~ 7,5 x 5 km

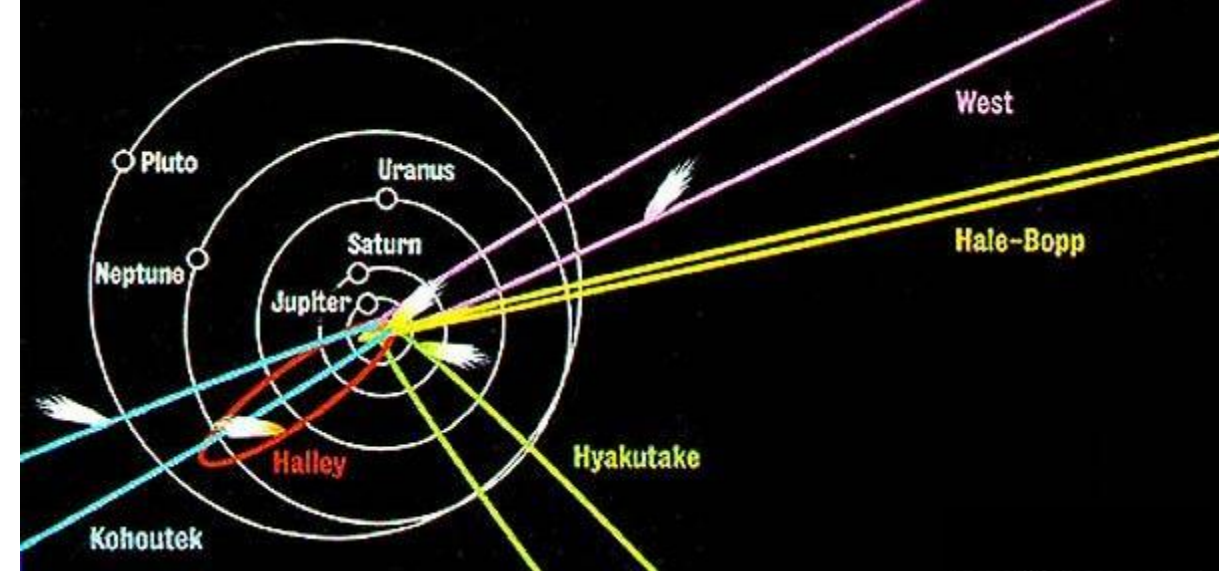


81P/Wild
~ 5,5 x 3 km

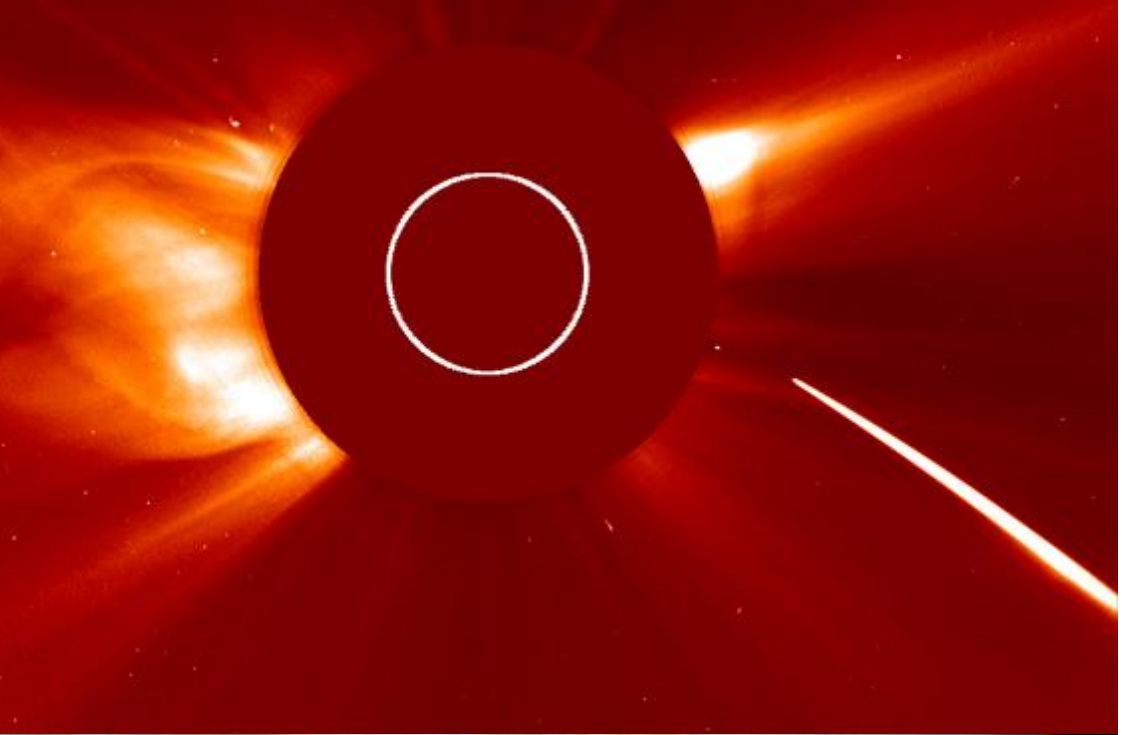


67P/Churyumov-Gerasimenko
~ 4 x 2 km

Üstökösök típusai pálya alapján



- Rövid periódusú üstökösök: $p < 200$ év
 - $e < 1$: elnyúlt ellipszispálya \rightarrow perihélium 1-2 CsE-en belül, aphélium max. az óriásbolygók régiójában
 - i változó, de az ekliptika környéke statisztikailag preferált (mint ahogy a direkt mozgásirány is)
 - hasonló pályájú üstökösök családokat alkotnak (pl. Halley-típusúak, Jupiter-család, stb.)
 - forrás: kentaurok vagy szórt korong vagy Kuiper-öv (ütközés v. óriásbolygók perturbációjának hatására)
- Hosszú periódusú üstökösök: $p > 200$ év
 - $e \approx 1$ ($\pm 1-2\%$): kb. parabola-pálya
 - i eloszlása teljesen izotróp, a fele direkt irányú
 - forrás: feltehetőleg az Oort-felhő (aphéliumok eloszlásában csúcs 50 000 CsE körül)
ok: extraszoláris perturbációk: közeli csillagok hatása ill. a Tejút árapály-ereje
 - $e > 1$: hiperbola-pálya \rightarrow (többnyire) elhagyják a Naprendszert: óriásbolygók gyorsítják fel őket



Az üstökösök halála

Párolgáson keresztül anyagot veszítenek + instabil pályák
→ rövid élettartam

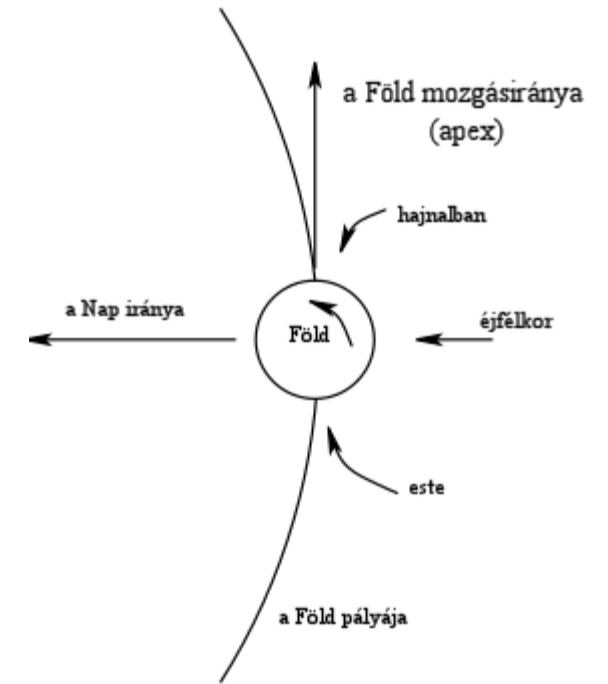
- becsapódás
 - 2016. aug. 4: napsúroló üstökös a Napba
 - 1994. július: a szétdarabolódott D/1993 F2 (Shoemaker–Levy 9) a Jupiterbe
- kidobódás a Naprendszerből
- illó anyagok elfogynak
 - aszteroida marad vissza (minél rövidebb periódusú, annál több keringést bír ki)
 - meteorid-raj marad vissza: a jég által korábban összefogott kőzetdarabok széteszlanak lassan az egész pálya mentén



Meteorok

A légkörben felfénylő meteoridok (= kisbolygónál kisebb test)

- sporadikus
 - egész évben egyenletes
 - a meteorok nagy többsége
 - forrásuk az aszteroida-öv
 - főleg hajnalban láthatók (ott van az „elől”)
- rajmeteorok
 - adott időszakra koncentrálnak (pár nap)
 - egy pontból tűnnek kisugározni az égen (radiáns)
 - általában kisebbek, mint a sporadikusok
 - ok: a Föld keresztezi egy szétesett üstökös pályáját
→ a párhuzamos sugarak egyfelől látszanak jönni



A legfontosabb meteorrajok

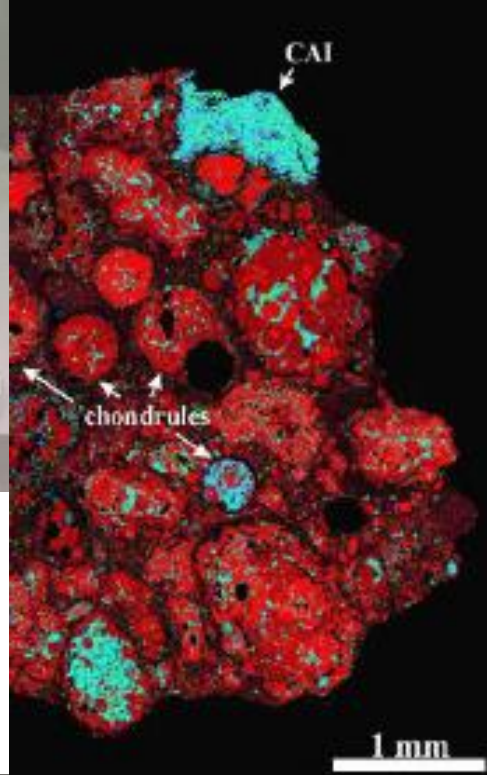
Raj neve (ahol a radiáns van)	Időintervallum	Maximum napja	Sebesség [km/s]	Max. intenzitás [db/óra]	Szülő üstökös
Quadrantidák	Dec 28 – Jan 12	Jan 3	41	120	2003 EH1 ?
Márciusi Lyncidák	Jan 25 – Máj 15	Már 7	16	20	252P/LINEAR
Lyridák	Ápr 16 – Ápr 25	Ápr 22	49	18	C/1861 G1
η Aquaridák	Ápr 19– Máj 28	Máj 6	66	55	1P/Halley
Arietidák	Máj 22 – Júl 2	Jún 7	37	54	1566 Icarus ?
ξ Perseidák	Máj 20 – Júl 5	Jún 9	27	20	
Déli δ Aquaridák	Júl 12 – Aug 23	Júl 30	41	16	
Perseidák	Júl 17 – Aug 24	Aug 13	59	100	109P/Swift-Tuttle
Sextantidák	Szep 9 – Okt 9	Szep 27	33	20	
Orionidák	Okt 2 – Nov 7	Okt 21	66	20	1P/Halley
Leonidák	Nov 6 – Nov 30	Nov 17	71	15	55P/Tempel-Tuttle
Geminidák	Dec 4 – Dec 17	Dec 14	35	120	3200 Phaethon

A meteoritok fajtái



kondritok

- nem differenciált anyagból
- kondrula: pár mm-es üveges gömböcske (hirtelen dermedt)
- gyakori: ~ 85%
- fontos altípus: szenes kondrit (~ 5%)



akondritok

- differenciált testek kérgéből
- kb. a földi mélységi kőzetek
- közepesen ritka: ~ 10%

kő-vas meteoritok

- differenciált testek mag-köpeny határáról
- ritka ~ 1%

vasmeteoritok

- differenciált testek vasmagjából
- ritka: ~ 4%

A naprendszerbeli objektumok (egy lehetséges) Euler-diagrammja

