



Αστρονομία

Ενότητα # 8: Πλανήτες

Νικόλαος Στεργιούλας
Τμήμα Φυσικής



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Άδειες Χρήσης

Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.

Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

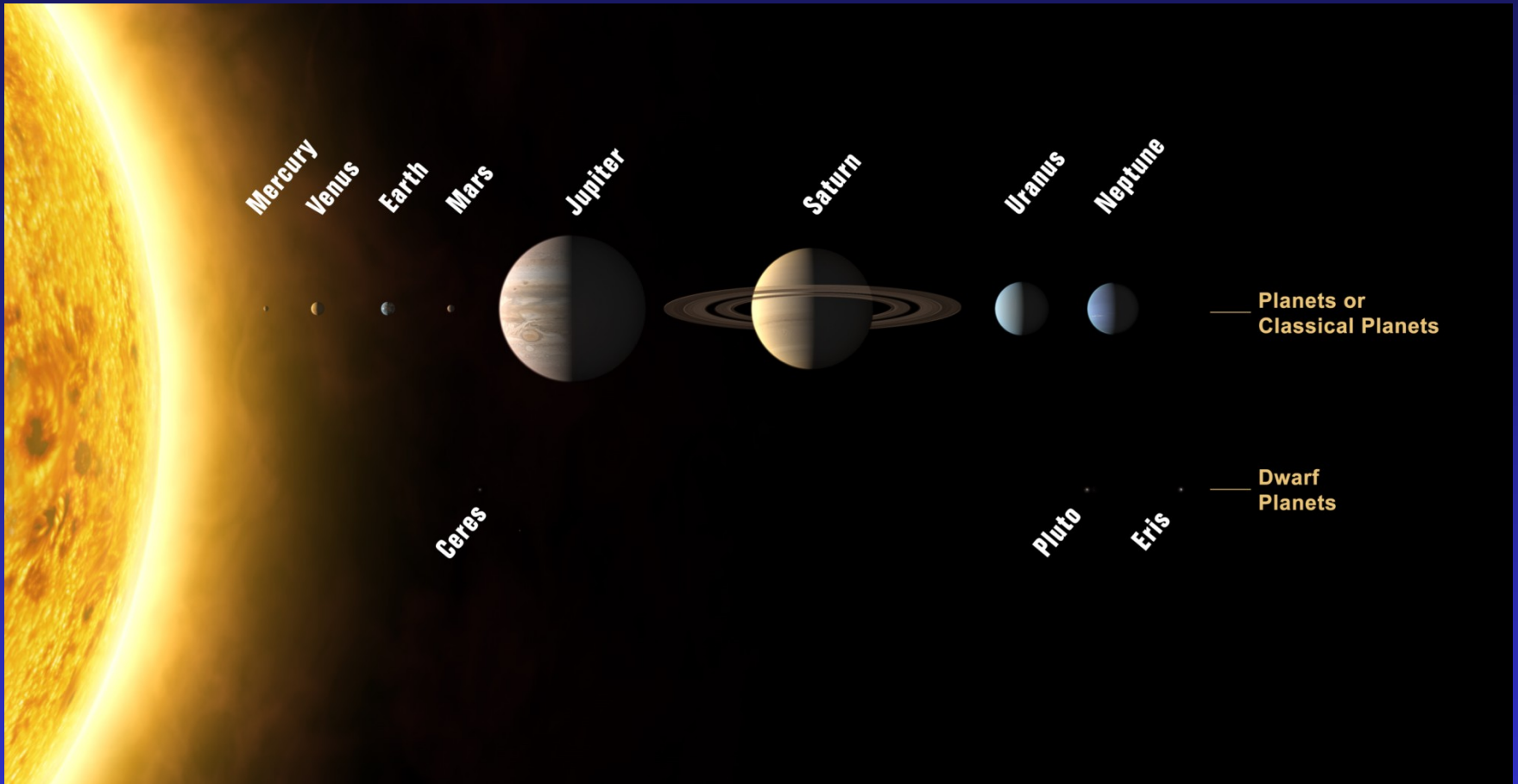


ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ

- *Μέρος 8^ο (Πλανήτες)*

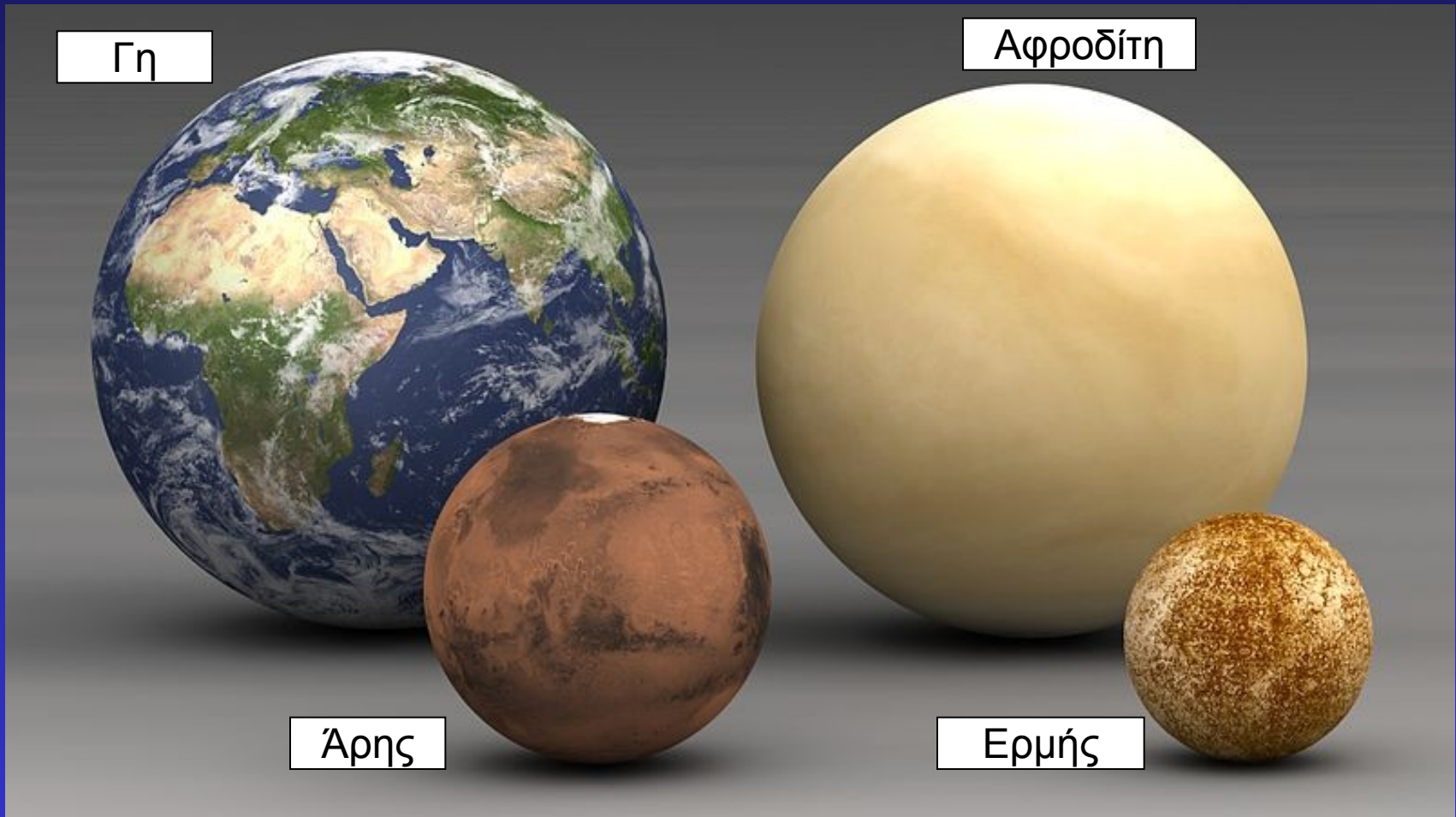
Ν. Στεργιούλας

ΟΙ ΠΛΑΝΗΤΕΣ



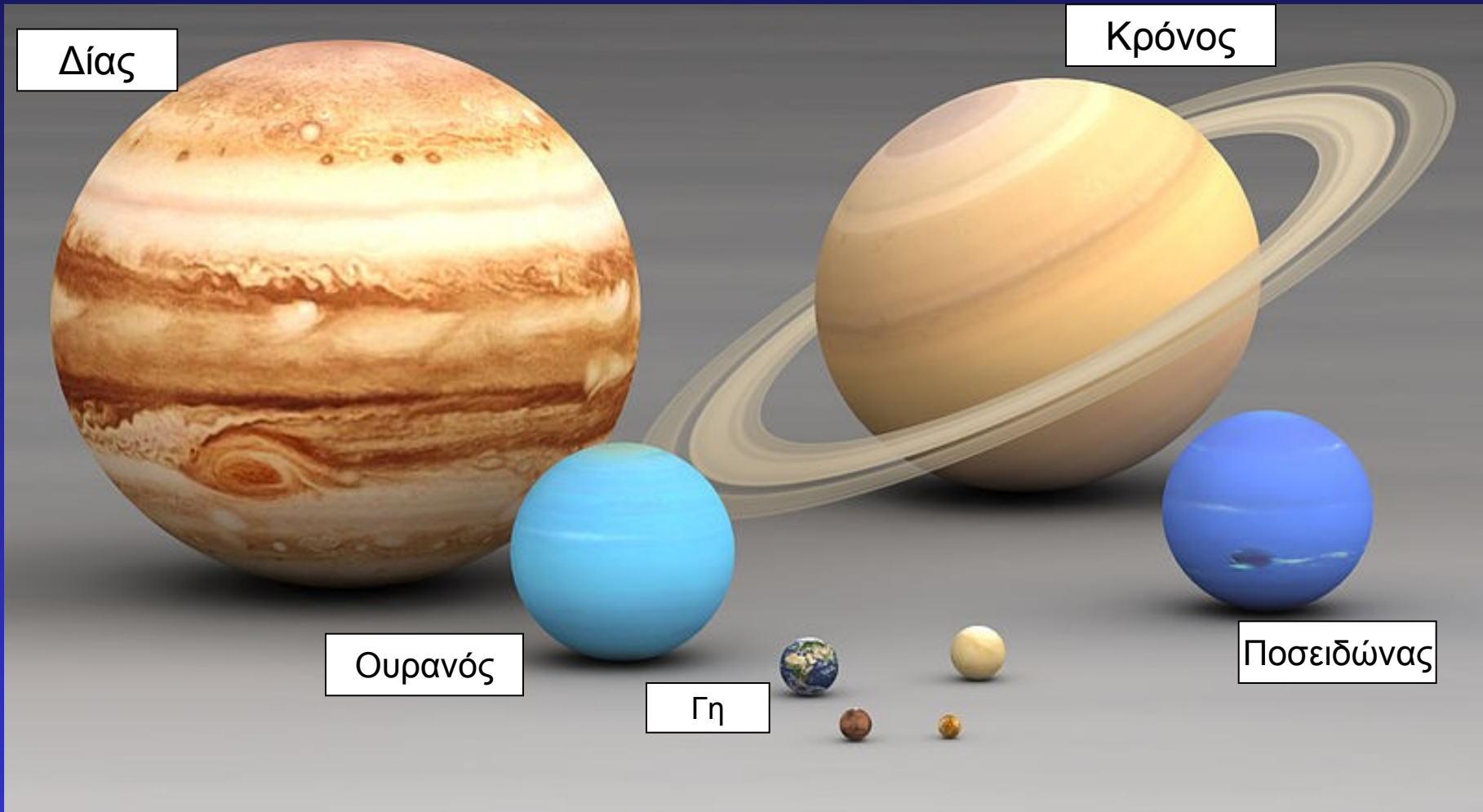
Εικόνα 1: Οι πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος. Φαίνεται η σειρά των πλανητών και το σχετικό τους μέγεθος (οι αποστάσεις είναι εκτός κλίμακας) [1].

ΟΙ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΙ ΠΛΑΝΗΤΕΣ



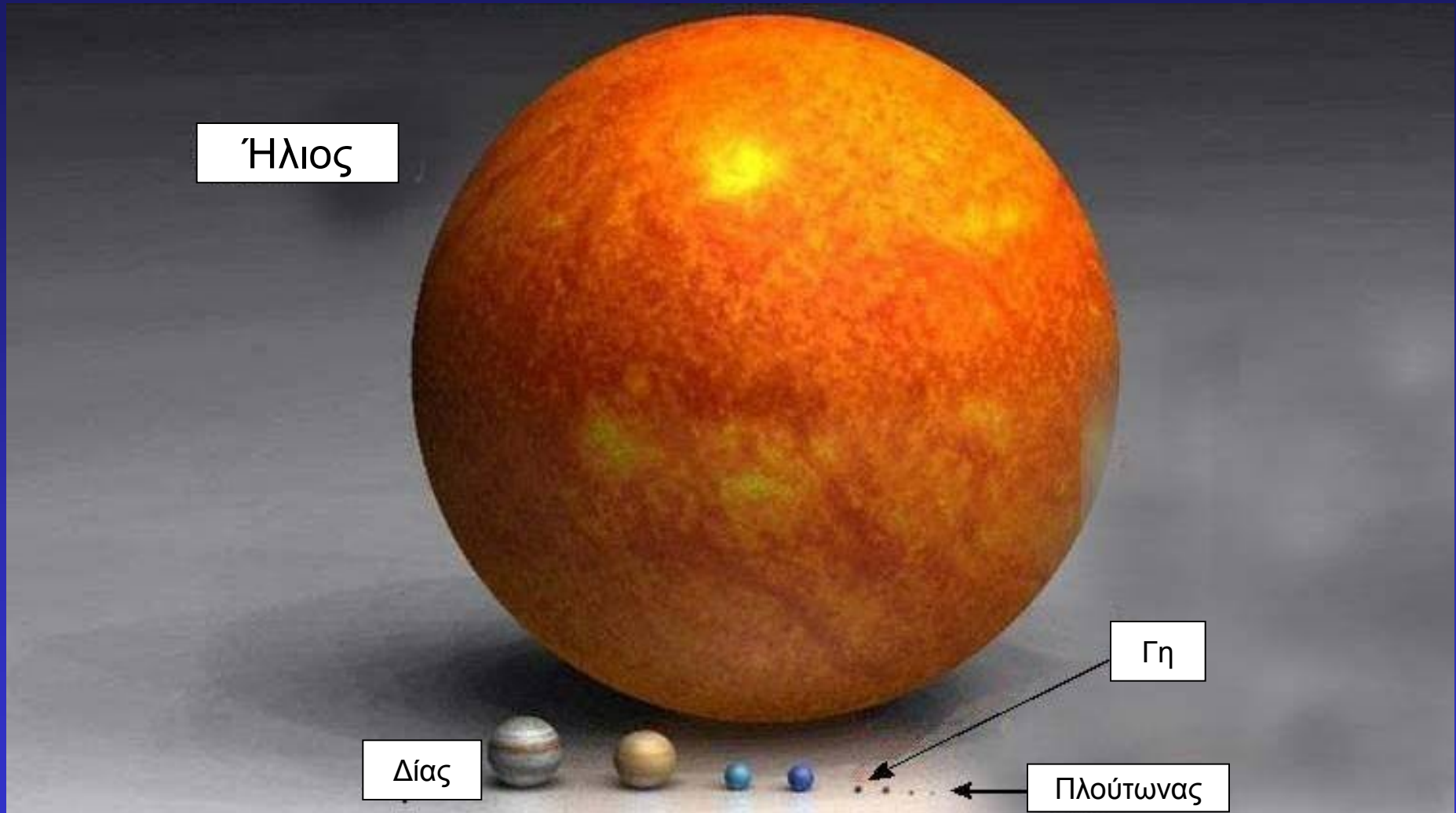
Εικόνα 2: Οι εσωτερικοί πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος. Φαίνεται το σχετικό τους μέγεθος [2].

ΟΙ ΠΛΑΝΗΤΕΣ



Εικόνα 3: Σύγκριση των μεγεθών των πλανητών του Ηλιακού Συστήματος [2].

ΟΙ ΠΛΑΝΗΤΕΣ



Εικόνα 4: Σύγκριση του μεγέθους του Ήλιου με τους πλανήτες του Ηλιακού Συστήματος [2].

ΤΡΟΧΙΕΣ ΠΛΑΝΗΤΩΝ

Δεν είναι ακριβώς κλειστές και αμετάβλητες ελλείψεις, λόγω των παρέλξεων από άλλους πλανήτες.

Οι τροχιές των πλανητών βρίσκονται σχεδόν στο ίδιο επίπεδο.

Αφροδίτη: κλίση $3^{\circ}.4$ ως προς την εκλειπτική

Ερμής: κλίση 7°

Πλούτωνας: κλίση 17° -> είναι ελάσσων πλανήτης

Οι τροχιές των πλανητών είναι σχεδόν κυκλικές με μέση εκκεντρότητα ~ 0.04 .

Εξαίρεση: Ερμής με εκκεντρότητα 0.206.

Όλοι οι πλανήτες περιφέρονται γύρω από τον Ήλιο ορθά!

Οι πλανήτες σχηματίστηκαν σε ένα περιστρεφόμενο δίσκο.

ΔΥΟ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΠΛΑΝΗΤΩΝ

Γήινοι πλανήτες:

Ερμής, Αφροδίτης, Γη, Άρης

Αεριώδεις γίγαντες:

Δίας, Κρόνος, Ουρανός, Ποσειδώνας

Όλοι έχουν **δακτύλιους**, αλλά μόνο του Κρόνου είναι ορατοί από τη Γη με απλό τηλεσκόπιο.

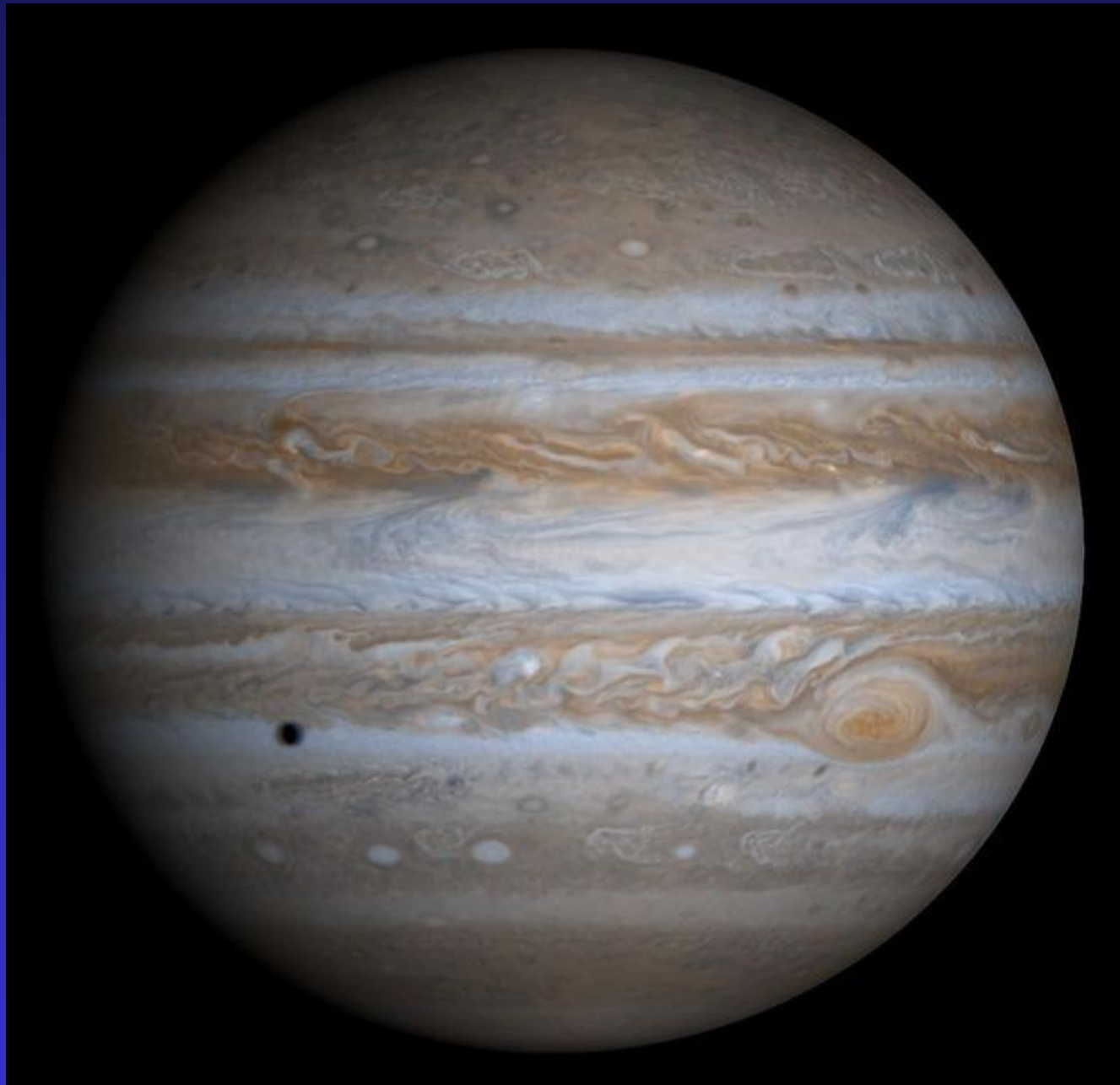
ΤΡΟΧΙΕΣ

	Ερμής	Αφροδίτη	Γη	(Σελήνη)	Άρης
Μεγάλος ημιάξονας (AU)	0.387	0.723	1.000	-	1.524
Περίοδος περιφοράς	87.66 ^d	226.46 ^d	365.256 ^d	27.32 ^d	1.88 ^y
Περίοδος περιστροφής	43.67 ^d	-243.01 ^d	23.93 ^h	27.32 ^d	24.62 ^h
Ισημερινή ακτίνα, km	2 439	6 052	6 378	1 738	3 397
Μάζα, M (M_{\square})	0.06	0.82	1.00	0.012	0.11
Μέση πυκνότητα gr/cm ³	5.44	5.25	5.52	3.34	3.94
Ταχύτητα διαφυγής km/sec	4.3	10.3	11.2	2.37	5.0
Ανώτερη θερμοκρασία °C	350	480	58	107	27
Κατώτερη θερμοκρασία °C	-170	-33 ^a	-88	-153	-123
Ατμόσφαιρα (κύρια αέρια)	-	CO ₂ , N ₂	N ₂ , O ₂	-	CO ₂ , N ₂
Δορυφόροι	0	0	1	-	2
Εκκεντρότητα τροχιάς (e)	0.2056	0.0068	0.0167	0.055	0.0933
Λόξωση (μοίρες)	0	2.12	23.45	1.54	23.98
Κλίση τροχιάς ως προς την εκλειπτική (μοίρες)	7.0	3.39	0.0	5.15	1.85

ΤΡΟΧΙΕΣ

	Δίας	Κρόνος	Ουρανός	Ποσειδών	Πλούτων	Ήλιος
Μεγάλος ημιάξονας (AU)	5.202	9.555	19.218	30.109	39.439	-
Περίοδος περιφοράς	11.86 ^y	29.46 ^y	84.01 ^y	164.79 ^y	247.68 ^y	-
Περίοδος περιστροφής	9.92 ^h	10.66 ^h	17.24 ^h	16.11 ^h	153.3 ^h	25.38 ^d
Ισημερινή ακτίνα, km	71 492	60 268	25 559	24 764	1 140	695 990
Μάζα, M (M _☉)	317.89	95.18	14.54	17.15	0.002	332 946
Μέση πυκνότητα gr/cm ³	1.33	0.69	1.27	1.64	2.0	1.41
Ταχύτητα διαφυγής km/sec	59.5	35.6	21.2	23.6	0.43	617.7
Ανώτερη θερμοκρασία °C	29 700 ^b	93 ^a	730	470	-30	1.5×10 ⁷
Κατώτερη θερμοκρασία °C	-95 ^a	-180 ^a	-210 ^a	-220 ^a	-230 ^a	5 800
Ατμόσφαιρα (κύρια αέρια)	H ₂ , He	H ₂ , He	H ₂ , He	H ₂ , He	-	H ₂ , He
Δορυφόροι	26+ δακτύλιοι	18+ δακτύλιοι	21+ δακτύλιοι	8	1	9 πλανήτες
Εκκεντρότητα τροχιάς (e)	0.048	0.056	0.046	0.010	0.248	-
Λόξωση (μοίρες)	3.08	26.73	97.92	28.8	96	7.3
Κλίση τροχιάς ως προς την εκλειπτική (μοίρες)	1.30	2.49	0.77	1.77	17.17	-

ΔΙΑΣ



Εικόνα 5: Ο πλανήτης Δίας, όπως φωτογραφήθηκε από το διαστημόπλοιο Cassini στις 07/12/2000. Φαίνεται η σκιά του δορυφόρου «Ευρώπη» [5].

ΚΡΟΝΟΣ



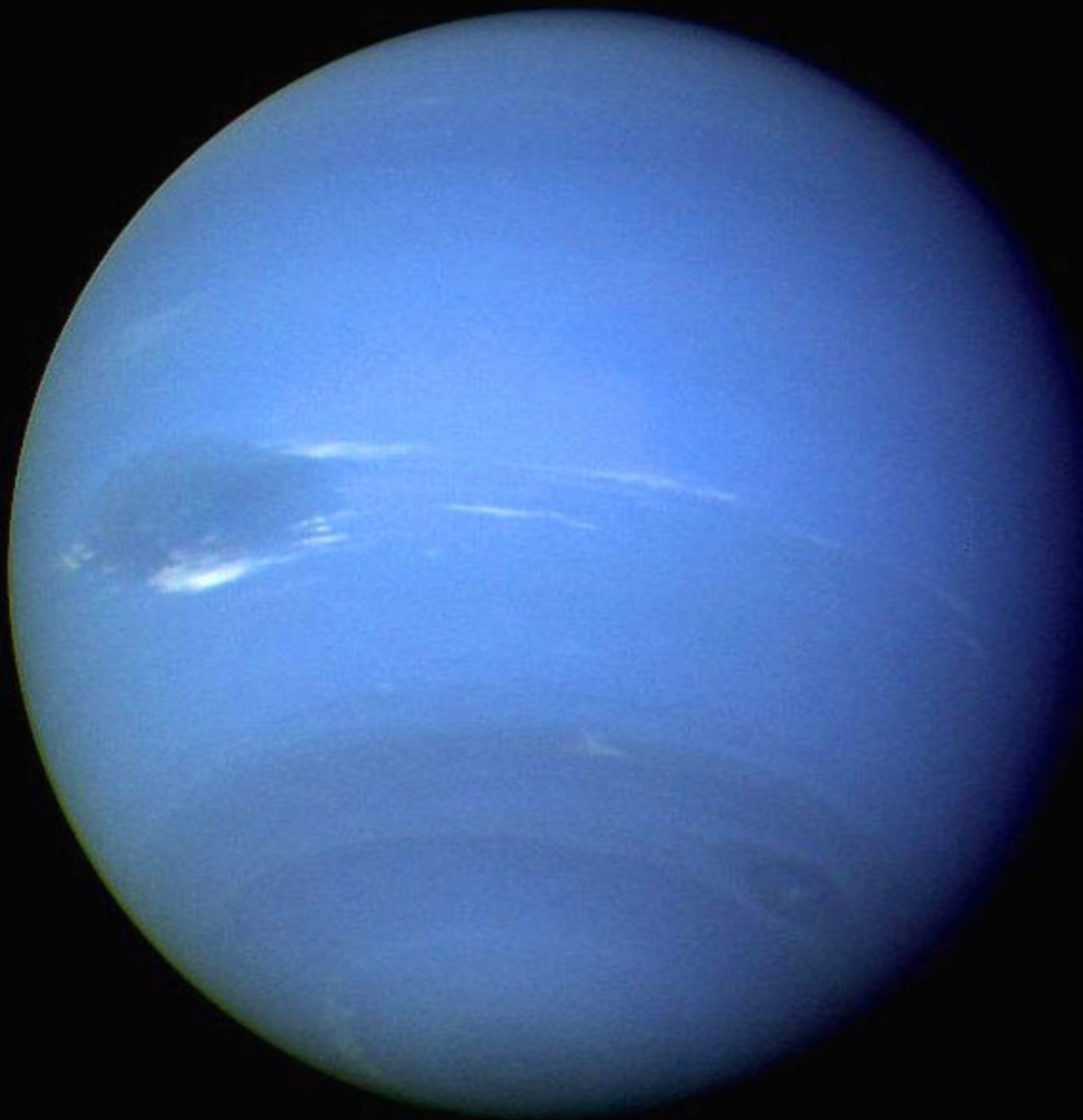
Εικόνα 6: Ο πλανήτης Κρόνος, όπως φωτογραφήθηκε από το διαστημόπλοιο Cassini στις 07/05/2004 [6].

ΟΥΡΑΝΟΣ



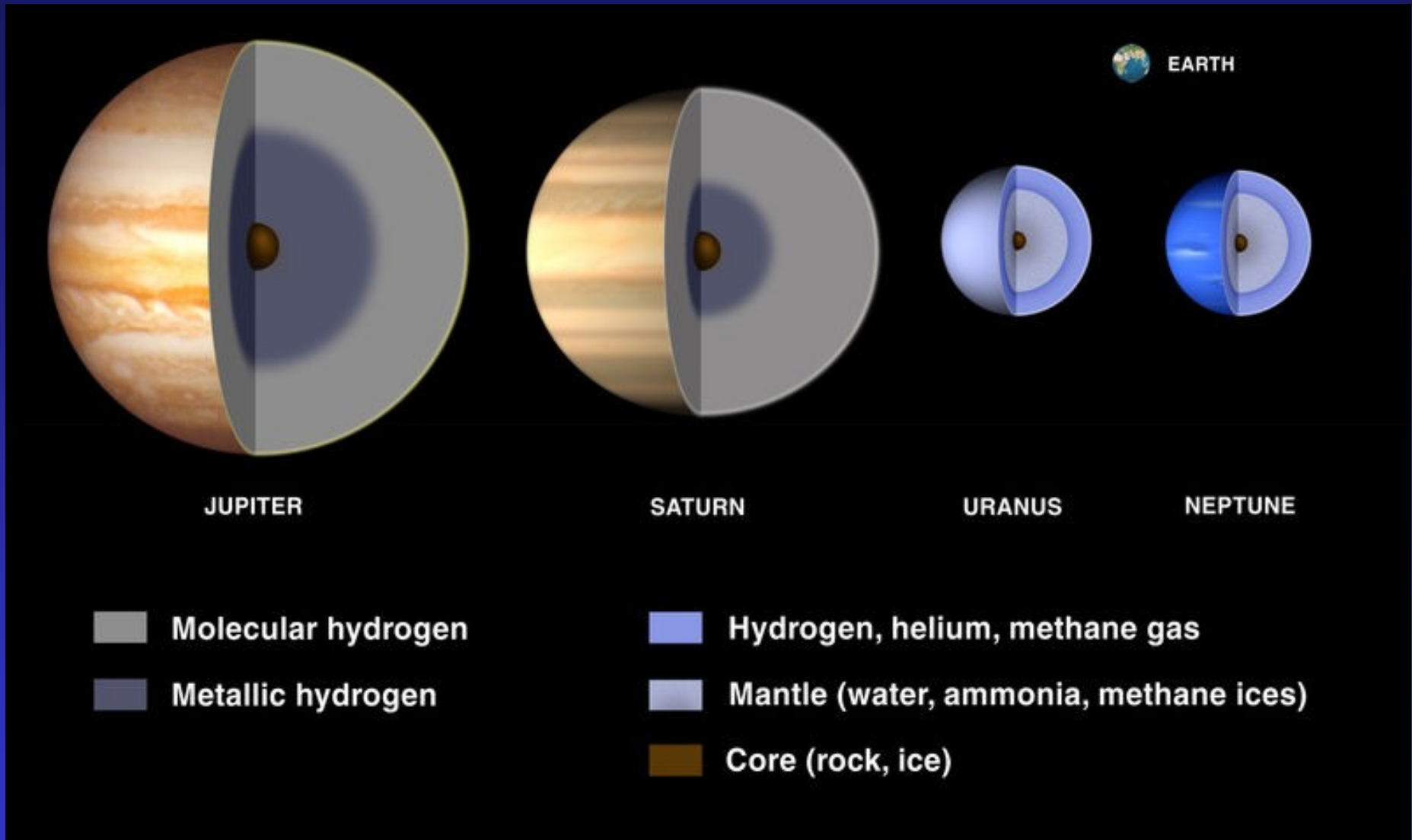
Εικόνα 7: Ο πλανήτης Ουρανός, όπως φωτογραφήθηκε από το διαστημόπλοιο Voyager 2 το 1986 [7].

ΠΟΣΕΙΔΩΝΑΣ



Εικόνα 8: Ο πλανήτης Ποσειδώνας, όπως φωτογραφήθηκε από το διαστημόπλοιο Voyager 2 το 1989. Τα σκούρα σημάδια αριστερά και κάτω δεξιά είναι καταιγίδες [8].

ΠΥΡΗΝΕΣ ΠΛΑΝΗΤΩΝ



Εικόνα 9: Η εσωτερική δομή των τεσσάρων αεριωδών γιγάντων. Στο κέντρο των αεριωδών γιγάντων εκτιμάται ότι υπάρχουν στερεοί πυρήνες [9].

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΕΣ ΠΛΑΝΗΤΩΝ

Όλοι οι αεριώδεις γίγαντες έχουν στερεούς πυρήνες και περιβάλλονται από εκτεταμένες ψυχρές ατμόσφαιρες, όπου υπάρχουν μεγάλες ποσότητες μεθανίου, αμμωνίας, ηλίου και υδρογόνου.

Τέτοια ελαφρά αέρια υπήρχαν αρχικά και στους γήινους πλανήτες, αλλά παρασύρθηκαν στο διάστημα από τον ηλιακό άνεμο, ο οποίος στη νεαρή ηλικία του Ήλιου ήταν πολύ πιο έντονος από ό,τι είναι σήμερα.

Η σημερινή ατμόσφαιρα της Γης δημιουργήθηκε από την απελευθέρωση αερίων από το εσωτερικό της και κυρίως από τον πυρήνα της, όταν αυτός έλιωσε, λόγω της μεγάλης θερμότητας που εκλύθηκε από ραδιενεργές διασπάσεις.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΠΛΑΝΗΤΩΝ

Εξαιτίας της μικρής τους μάζας, η πίεση και η θερμοκρασία στο εσωτερικό των πλανητών, ποτέ δεν φθάνουν τις υψηλές εκείνες τιμές που απαιτούνται για να αρχίσουν και να διατηρηθούν θερμοπυρηνικές αντιδράσεις κι έτσι δεν παράγεται ενέργεια.

Η μέση επιφανειακή θερμοκρασία τους οφείλεται κατά κύριο λόγο στη θέρμανσή τους από την ηλιακή ακτινοβολία.

Η θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνειά τους με κατανομή θερμοκρασίας μελανού σώματος έχει μέγιστη ένταση στην υπέρυθρη περιοχή του φάσματος).

Στην ορατή περιοχή του φάσματος είναι σώματα ετερόφωτα.

ΕΛΑΣΣΟΝΕΣ ΠΛΑΝΗΤΕΣ (ΑΣΤΕΡΟΕΙΔΕΙΣ) ΚΑΙ ΜΕΤΕΩΡΟΕΙΔΕΙΣ

Οι ελάσσονες πλανήτες έχουν διάμετρο μέχρι μερικές χιλιάδες km.

Σώματα με διάμετρο μικρότερη από κάποιες εκατοντάδες km ονομάζονται και αστεροειδείς.

Σώματα με διάμετρο $< 50\text{m}$ ονομάζονται μετεωροειδείς.

ΤΡΟΧΙΕΣ ΕΛΑΣΣΟΝΩΝ ΠΛΑΝΗΤΩΝ/ΑΣΤΕΡΟΕΙΔΩΝ/ΚΟΜΗΤΩΝ/ ΜΕΤΕΩΡΟΕΙΔΩΝ

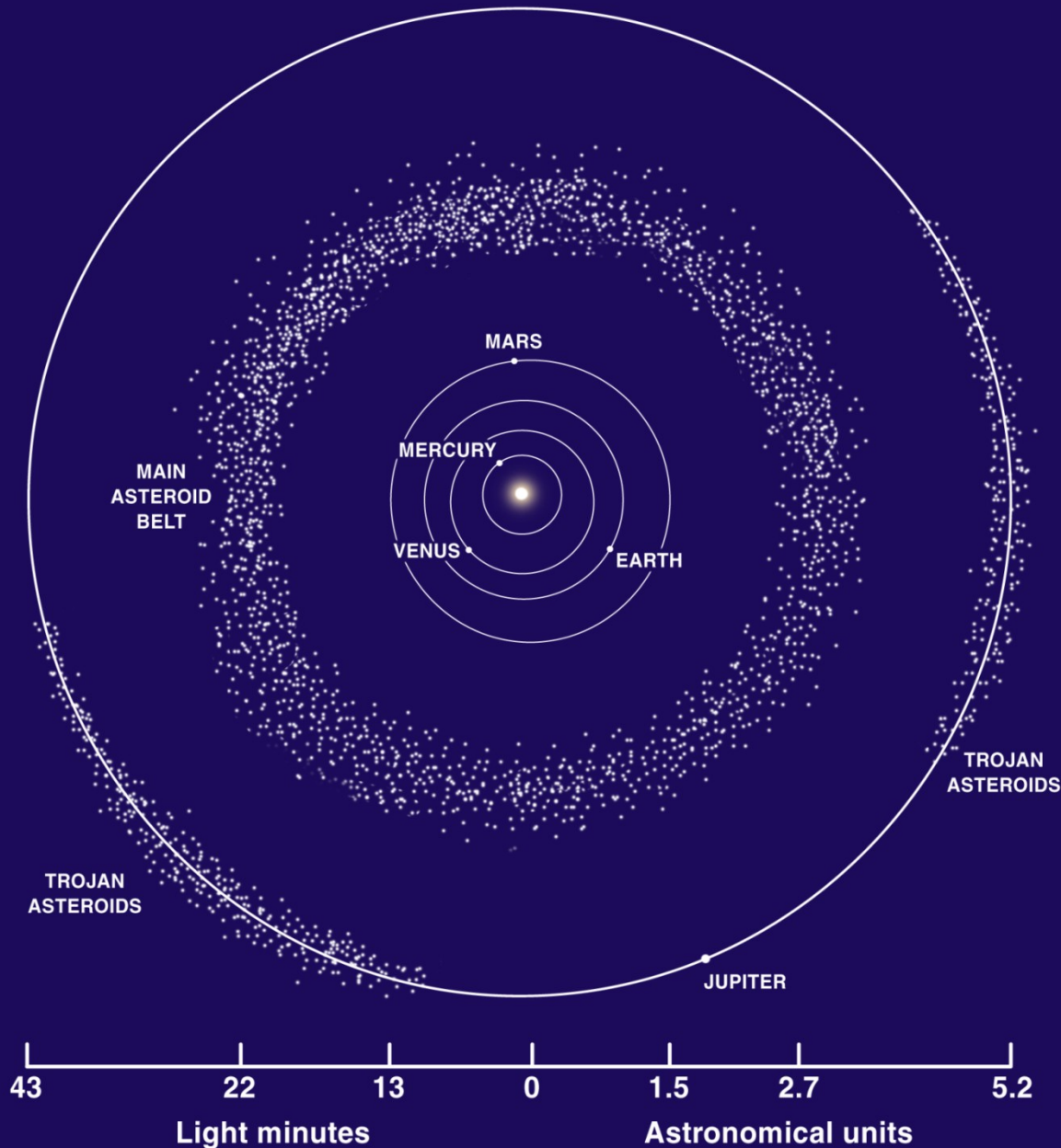
Οι τροχιές ελάσσονων πλανητών / αστεροειδών / κομητών και μετεωροειδών **δεν βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο** με τους κύριους πλανήτες.

Η **εκκεντρότητα** ελασσόνων πλανητών / αστεροειδών / κομητών είναι αρκετά μεγάλη και **πλησιάζει την τιμή 1**.

Οι τροχιές των **κομητών**, ιδιαίτερα, ποικίλλουν κατά πολύ σε κλίση. Μερικοί κομήτες έχουν τόσο **μεγάλη κλίση** (μεγαλύτερη από 90°), που κινούνται γύρω από τον Ήλιο **ανάδρομα**.

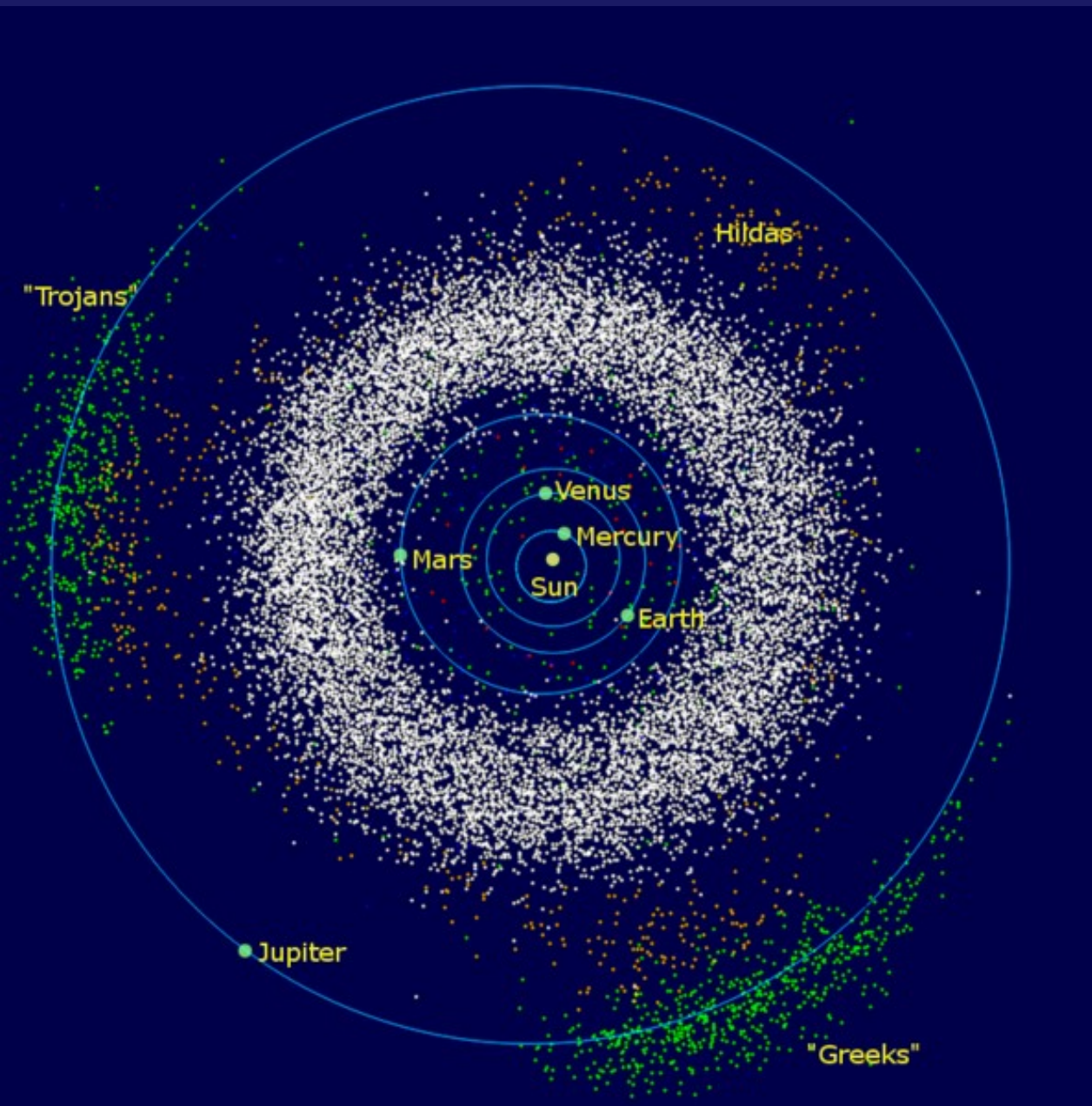
Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι ο **κομήτης του Halley**, του οποίου η τροχιά έχει κλίση ως προς την εκλειπτική **162°** .

ΕΛΑΣΣΟΝΕΣ ΠΛΑΝΗΤΕΣ



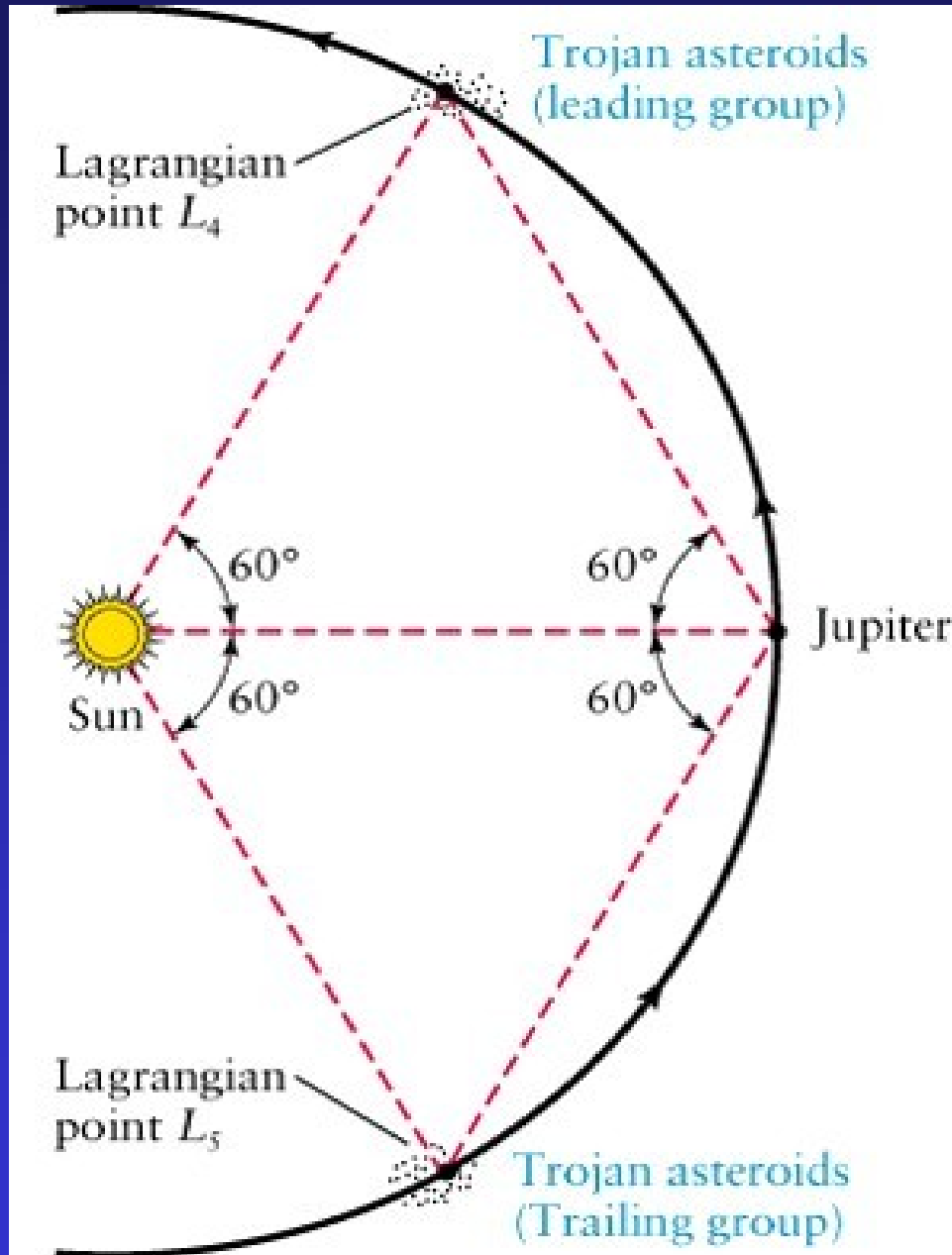
Εικόνα 10: Σχηματική απεικόνιση της ζώνης των αστεροειδών, μεταξύ της τροχιάς του Άρη και του Δία [10].

ΖΩΝΗ ΤΩΝ ΑΣΤΕΡΟΕΙΔΩΝ



Εικόνα 11: Το εσωτερικό Ηλιακό σύστημα με την κύρια ζώνη αστεροειδών, τους «Τρωικούς» και τους «Έλληνες» [11].

ΣΗΜΕΙΑ LAGRANGE ΚΑΙ ΤΡΩΙΚΟΙ



Εικόνα 12: Τα σημεία Lagrange για τις τροχιές των Τρωϊκών αστεροειδών, υπό την επίδραση των βαρυτικών πεδίων του Ήλιου και του Δία [12].

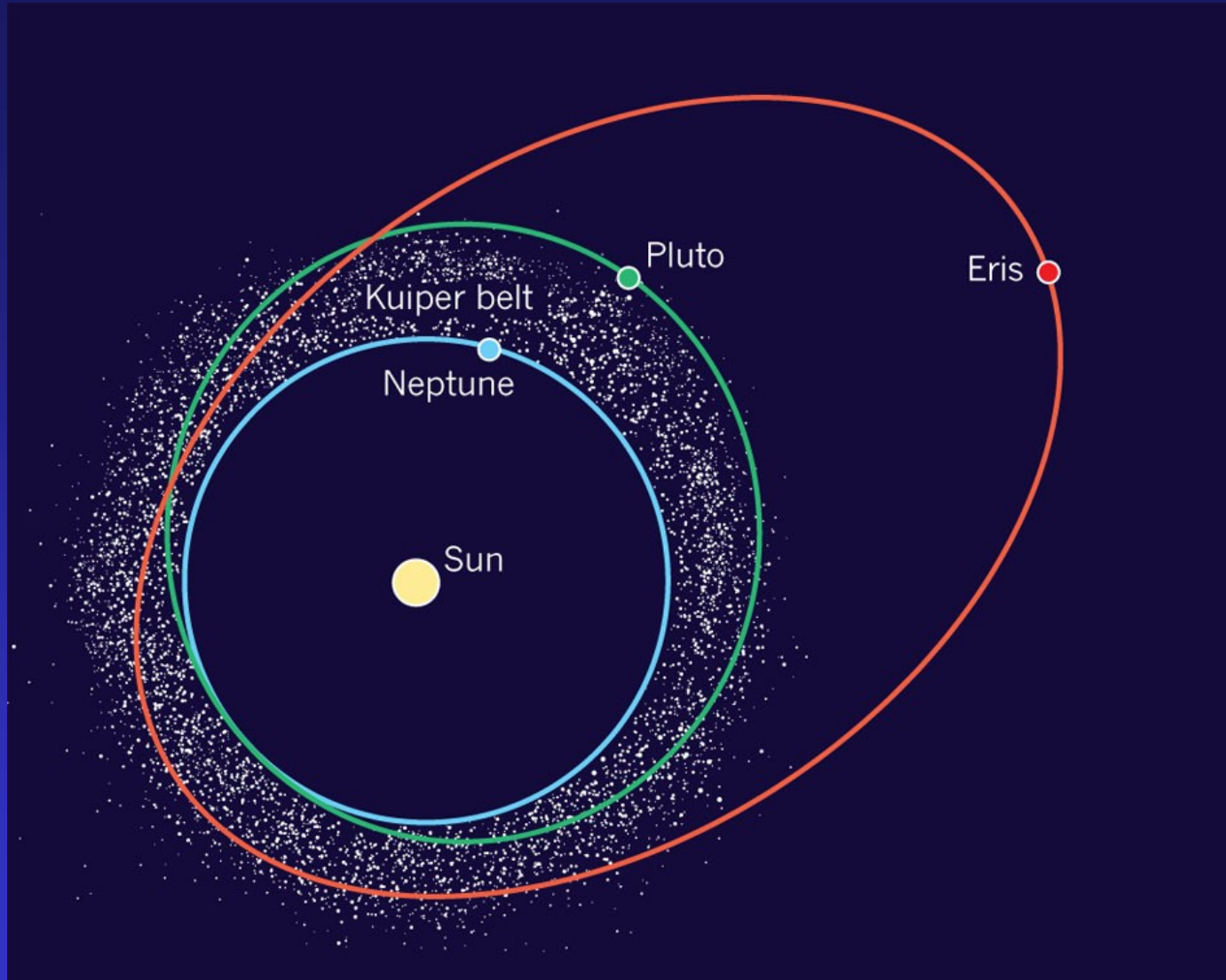
ΕΛΑΣΣΟΝΕΣ ΠΛΑΝΗΤΕΣ - ΑΣΤΕΡΟΕΙΔΕΙΣ

Οι περισσότεροι ελάσσονες πλανήτες/αστεροειδείς, βρίσκονται στην κύρια ζώνη των αστεροειδών, μεταξύ των τροχιών του Άρη και του Δία. Η συνολική μάζα είναι μικρότερη από το $1/35$ της μάζας της Σελήνης!

Η ύπαρξη κομητών με περίοδο μικρότερη από 150 χρόνια οδήγησε τους Edgeworth και Kuiper να υποθέσουν (το 1943) ότι υπάρχει και δεύτερη ζώνη με μικρά σώματα, πέραν από την τροχιά του Ποσειδώνα.

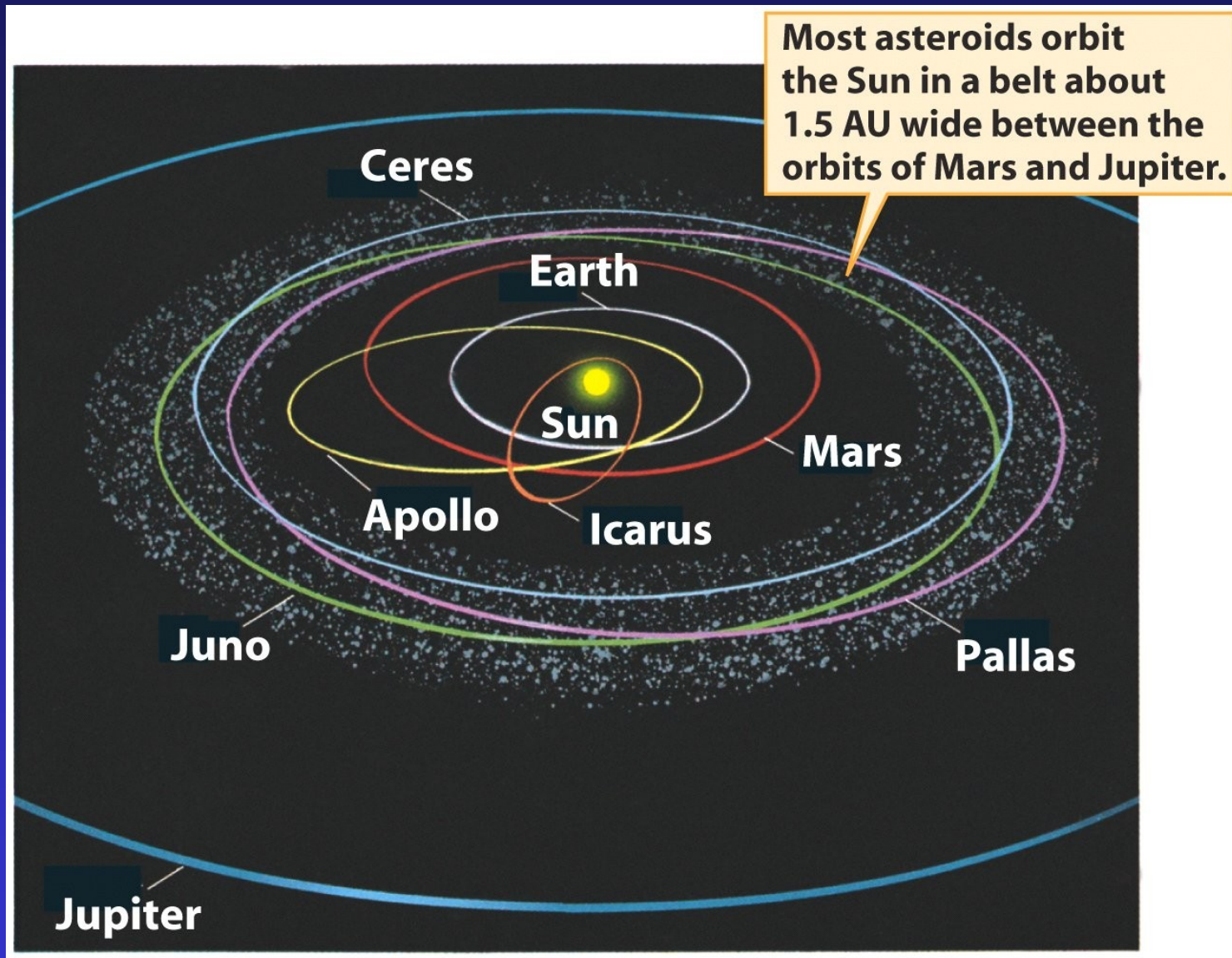
Η Ζώνη Edgeworth-Kuiper εκτείνεται σε ένα δακτύλιο μεταξύ 30 και 100 AU από τον Ήλιο.

Ζώνη Edgeworth-Kuiper



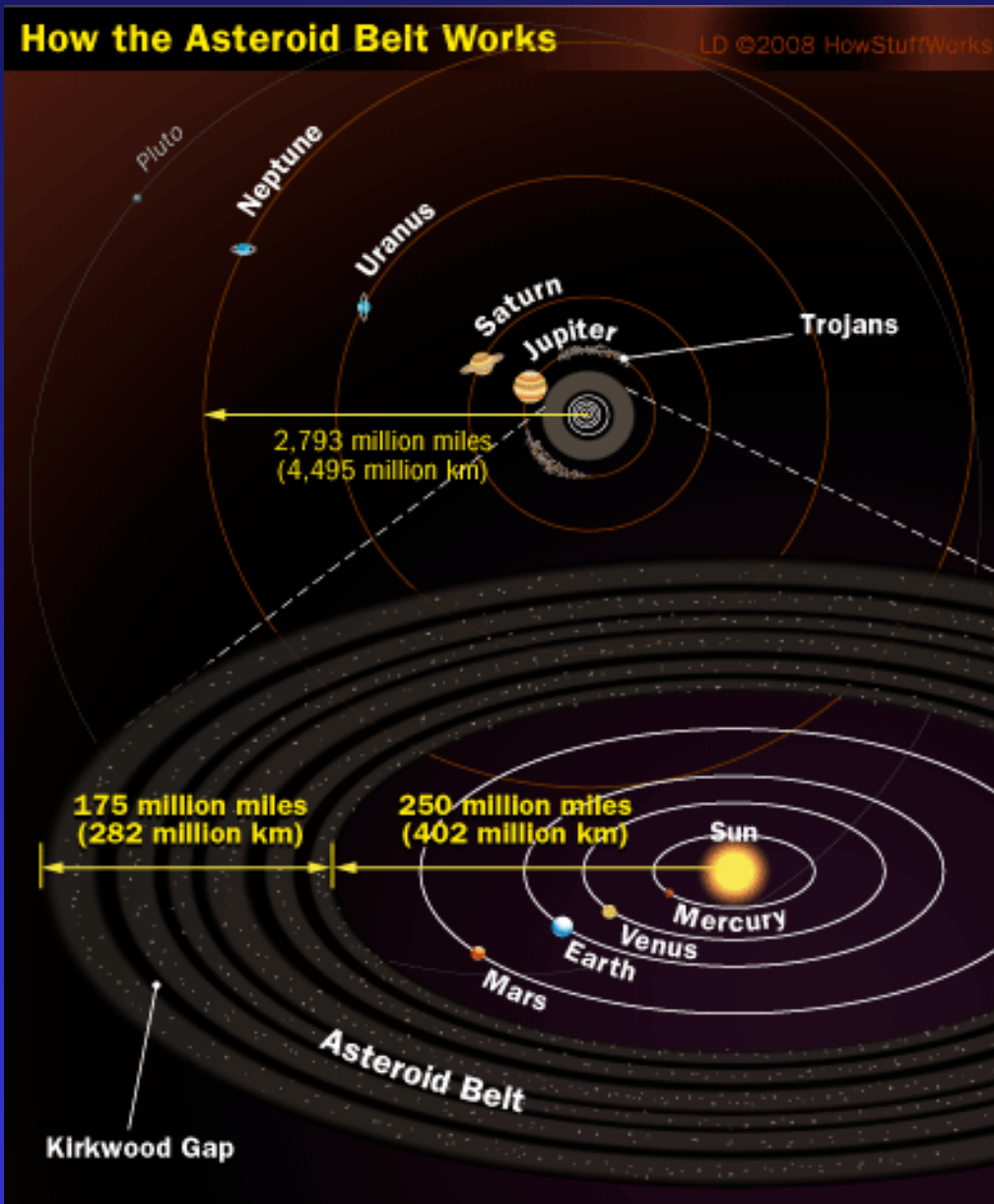
Εικόνα 13: Η ζώνη Edgeworth - Kuiper, που εκτείνεται από την τροχιά του Ποσειδώνα (γαλάζιο) στα 30 AU, μέχρι τα 50 περίπου AU [13].

ΚΥΡΙΑ ΖΩΝΗ ΑΣΤΕΡΟΕΙΔΩΝ



Εικόνα 14: Η κύρια ζώνη αστεροειδών, μεταξύ της τροχιάς του Άρη και του Δία. Φαίνονται επίσης οι τροχιές των Ceres, Juno, Pallas, καθώς και οι κοντινοί στη Γη Apollo, Icarus [14].

ΚΥΡΙΑ ΖΩΝΗ ΑΣΤΕΡΟΕΙΔΩΝ

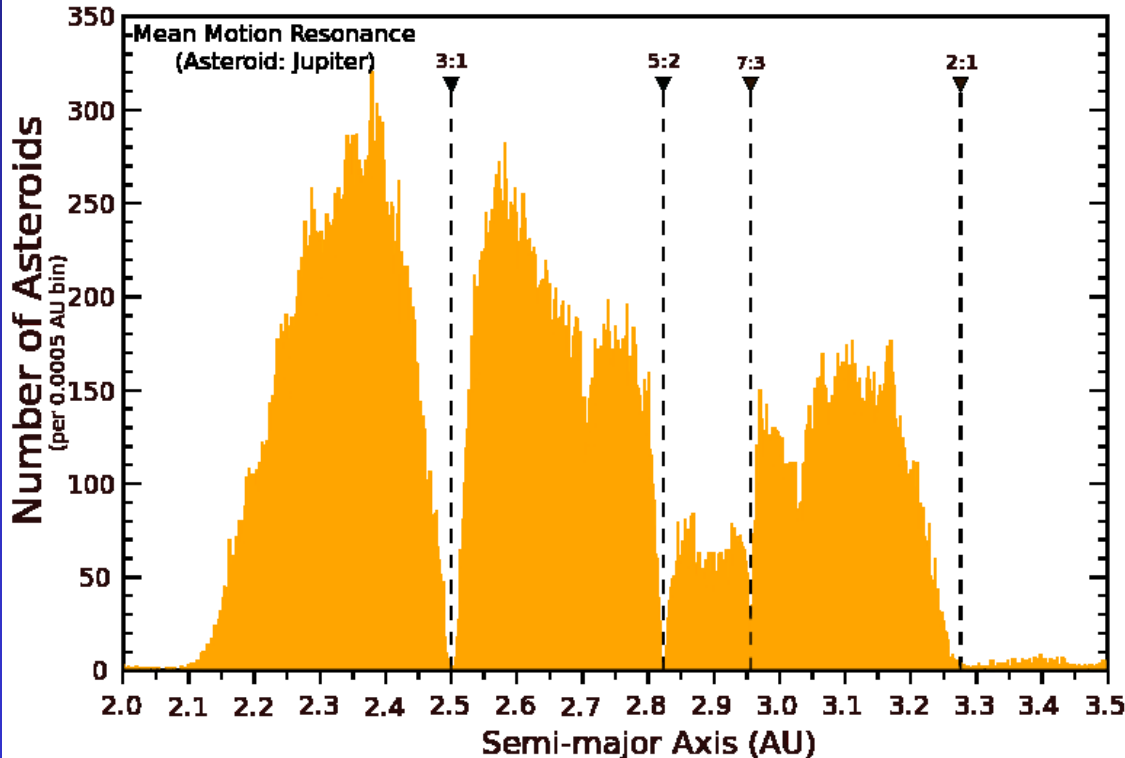


Εικόνα 15: Το μέγεθος της κύριας ζώνης αστεροειδών σε σύγκριση με το ηλιακό σύστημα. Φαίνονται τα διάκενα Kirkwood, τα οποία προκαλούνται από διαταραχές στις τροχιές των αστεροειδών λόγω της βαρύτητας του Δία κατά το συντονισμό των τροχιών τους [15].

ΔΙΑΚΕΝΑ KIRKWOOD

Διάκενα Kirkwood - σε αποστάσεις όπου υπάρχει **τροχιακός συντονισμός** (τροχιακές περίοδοι σε **ακέραιους λόγους** με την περίοδο άλλων πλανητών) - ο συντονισμός έχει ως αποτέλεσμα οι τροχιές να γίνονται **ολόένα και πιο ελλειπτικές** με το χρόνο.

Asteroid Main-Belt Distribution
Kirkwood Gaps



Εικόνα 16: Κατανομή των αστεροειδών σε διαφορετικές αποστάσεις. Φαίνονται τα διάκενα Kirkwood, ως περιοχές μηδενικού αριθμού αστεροειδών, καθώς και οι συντονισμοί που τα προκαλούν [16].

ΕΛΑΣΣΩΝΕΣ ΠΛΑΝΗΤΕΣ/ΑΣΤΕΡΟΕΙΔΕΙΣ

Αστεροειδής	Στοιχεία τροχιάς				Μάζα [g]	Ακτίνα [km]	Περίοδος περιστροφής [h]
	Μεγάλος ημιάξονας [AU]	Περίοδος περιφοράς [ημέρες]	Εκκεντρό- τητα	Κλίση [°]			
1 Δήμητρα	2.767	1681	0.078	10.6	100×10^{22}	473	9.08
2 Παλλάς	2.772	1686	0.234	34.8	25×10^{22}	292	7.88
3 Juno	2.668	1592	0.258	13.0	2×10^{22}	125	7.21
4 Vesta	3.361	1325	0.089	7.1	20×10^{22}	278	5.34
5 Astraea	2.58		0.19	5.3		58	16.81
6 Ήβη	2.426	1380	0.202	14.8	20×10^{21}	103	7.27
7 Ίρις	2.386	1347	0.229	5.5	15×10^{21}	111	7.14
8 Φλόρα	2.20		0.16	5.9		80	13.60
9 Metis	2.39		0.12	5.6		84	5.06
10 Υγεία	3.134	2027	0.120	3.8	60×10^{21}	222	18.00
15 Ευνομία	2.643	1570	0.185	11.8	40×10^{21}	136	6.08
16 Ψυχή	2.923	1825	0.134	3.1	40×10^{21}	125	4.30
433 Έρως	1.458	643	0.223	10.8	5×10^{18}	10	5.27
588 Αχιλλέας	5.18		0.15	10.3		35	
624 Έκτωρ	5.16		0.03	18.3		115	6.92
944 Hidalgo	5.85		0.66	42.4		15	10.06
1566 Ίκαρος	1.078	409	0.827	22.9	5×10^{15}	1	2.27
1620 Γεωγράφος	1.245	507	0.335	13.3	5×10^{16}	1.5	5.23
1862 Απόλλων	1.471	652	0.560	6.4	2×10^{15}	1.3	
2060 Χείρων	1.47		0.38	6.9		160	
2101 Άδωνις	1.875	938	0.764	1.4	5×10^{13}	0.3	

ΠΛΟΥΤΩΝΑΣ

Η τροχιά του Πλούτωνα, έχει κλίση πάνω από 17° . Το γεγονός αυτό, μαζί με άλλα χαρακτηριστικά (π.χ. τη μικρή ανακλαστικότητα της επιφάνειάς του), έκανε τους αστρονόμους να συμπεράνουν ότι ο Πλούτωνα δεν ανήκει πραγματικά στους (μείζονες) πλανήτες.

Σήμερα θεωρούμε ότι ανήκει στα σώματα της ζώνης των **Edgeworth-Kuiper** και απέκτησε τη σημερινή τροχιά του λόγω των παρέλξεων των πλανητών (κυρίως του Ποσειδώνα και του Ουρανού).

ΕΛΑΣΣΩΝ ΠΛΑΝΗΤΗΣ ΕΡΙΔΑ (ERIS)

Ο ελάχιστων πλανήτη έριδα έχει διάμετρο $\sim 2.500\text{km}$ (μεγαλύτερος από τον Πλούτωνα) και βρίσκεται σε απόσταση $\sim 40 - 100 \text{ AU}$ από τον Ήλιο (~ 3 φορές πιο μακριά από τον Πλούτωνα). Εκκεντρότητα ~ 0.4 . Περίοδος περιφοράς ~ 500 έτη. Ανακαλύφθηκε το 2005.



Εικόνα 17: Ο ελάχιστων πλανήτη Eris και ο δορυφόρος του Dysnomia [17].

ΥΠΕΡ-ΠΟΣΕΙΔΩΝΙΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ

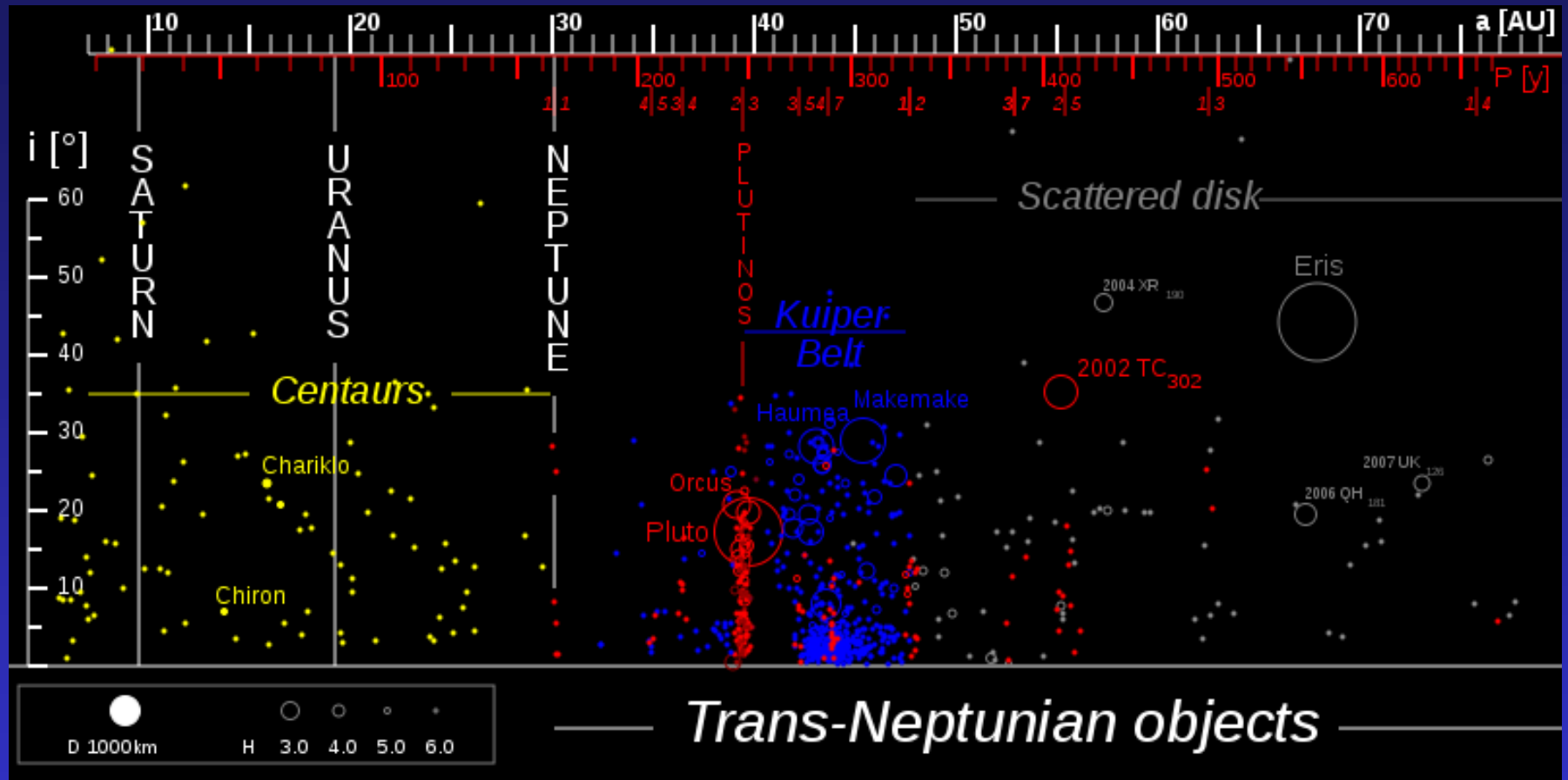
Trans-Neptunian Objects (TNO)

Το μακρινότερο TNO ακολουθεί πολύ έκκεντρη τροχιά με μεγάλο ημιάξονα 220 AU και εκκεντρότητα 0.8 .

Εκτίμηση ότι υπάρχουν ~ 80.000 TNO.

Λόγω της μεγάλης απόστασης και της μικρής ανακλαστικότητας της επιφάνειάς τους, η λαμπρότητά τους είναι πολύ μικρή.

ΥΠΕΡ-ΠΟΣΕΙΔΩΝΙΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ



Εικόνα 18: Κατανομή των Υπερ-ποσειδώνιων αντικειμένων. Ο οριζόντιος άξονας είναι ο μεγάλος ημιάξονας της τροχιάς και η περίοδος της τροχιάς (κόκκινο). Ο κατακόρυφος άξονας είναι η κλίση της τροχιάς σε μοίρες. Το μέγεθος των αντικειμένων αναπαριστάται με το μέγεθος του κύκλου [18].

ΝΕΦΟΣ ΤΟΥ ΟΟΡΤ

Το νέφος του Οορτ (Oort cloud) είναι ένας σφαιρικός φλοιός με κέντρο τον Ήλιο και θεωρείται ως **η κύρια πηγή των κομητών μακράς περιόδου** (μεγαλύτερης από 150 χρόνια).

Καταλαμβάνει μια ευρεία περιοχή του διαστήματος που ξεκινάει από απόσταση **1000 AU** και εκτείνεται μέχρι **50000 AU**.

Το νέφος του Οορτ επομένως εκτείνεται σε πολύ μακρινές αποστάσεις, **λίγο μεγαλύτερες από το ένα τέταρτο της απόστασης του πλησιέστερου προς τον Ήλιο αστέρα**, που είναι ο Εγγύτατος του Κενταύρου.

ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ ΤΩΝ ΠΛΑΝΗΤΩΝ

Ο Ερμής και η Αφροδίτη στερούνται δορυφόρων.

Η Γη έχει **έναν** δορυφόρο (τη Σελήνη) και ο Άρης **δύο**.

Οι αεριώδεις γίγαντες φαίνεται ότι έχουν **πάρα πολλούς** δορυφόρους, με αποτέλεσμα κάθε χρόνο να ανακαλύπτονται νέοι.

Ο Πλούτωνας έχει ένα δορυφόρο, τον Χάροντα.

ΜΕΓΕΘΟΣ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ / ΑΝΩΜΑΛΟΙ

Ορισμένοι δορυφόροι έχουν διάμετρο της τάξεως των λίγων km, όπως συμβαίνει λ.χ. με τους δύο δορυφόρους του Άρη, ενώ οι διάμετροι άλλων δορυφόρων είναι κατά πολύ μεγαλύτερες.

Η διάμετρος του Γανυμήδη (ο μεγαλύτερος από τους δορυφόρους του πλανητικού μας συστήματος), είναι ίση με 5262 km, δηλαδή μεγαλύτερη από τη διάμετρο του Ερμή (4878 km) και του Πλούτωνα (2300 km).

Υπάρχουν και δορυφόροι που περιφέρονται γύρω από πλανήτες κατά την ανάδρομη φορά (ανώμαλοι δορυφόροι -irregular satellites-).

Σήμερα πιστεύουμε ότι οι δορυφόροι με ανώμαλες τροχιές δεν σχηματίστηκαν εξ αρχής στην περιοχή του πλανήτη.

ΔΟΥΦΟΡΟΙ ΓΗΣ - ΑΡΗ

Δορυφόρος	Στοιχεία τροχιάς				Ακτίνα [km]	Μάζα [% μάζας πλανήτη]	Μέση πυκνότητα [g/cm ³]
	Μεγάλος ημιάξονας [km]	Περίοδος [d m s]	Εκκεντρό- τητα	Κλίση [°]			
Δορυφόροι του Ερμή							
Δεν έχει δορυφόρους							
Δορυφόροι της Αφροδίτης							
Δεν έχει δορυφόρους							
Δορυφόροι της Γης							
Σελήνη	384 400	27 07 43	0.055	18 – 29	1738	1.230002	3.34
Δορυφόροι του Άρη							
1 Φόβος	9 378	00 07 39	0.015	1.1	14×11×9	1.5×10 ⁻⁶	1.95
2 Δείμος	23 459	01 06 18	0.0005	0.9 – 2.7	8×6×6	3×10 ⁻⁷	2

ΔΟΥΡΥΦΟΡΟΙ ΔΙΑ

Δορυφόρος	Στοιχεία τροχιάς				Ακτίνα [km]	Μάζα [% μάζας πλανήτη]	Μέση πυκνότητα [g/cm ³]
	Μεγάλος ημιάξονας [km]	Περίοδος [d m s]	Εκκεντρό- τητα	Κλίση [°]			
Δορυφόροι του Δία							
XVI Metis	127 960	00 07 04			20	0.5×10^{-8}	
XV Adrastea	128 980	00 07 06			13×10×8	0.1×10^{-8}	
V Αμάλθεια	180 000	00 11 57	0.003	0.4	135×83×75	38×10^{-8}	
XIV Θήβη	222 000	00 16 11	0.015	0.8	55×45	4×10^{-8}	
I Ιώ	422 000	01 18 28	0.004	0.0	1815	4.68×10^{-3}	3.5
II Ευρώπη	671 000	03 13 14	0.009	0.5	1569	2.52×10^{-3}	3.0
III Γανυμήδης	1 070 000	07 03 43	0.002	0.2	2631	7.80×10^{-3}	1.9
IV Καλλιστώ	1 883 000	16 16 32	0.007	0.5	2400	5.66×10^{-3}	1.8
XIII Λήδα	11 094 000	240 00 00	0.148	26.1	8	0.03×10^{-8}	
VI Himalia	11 480 000	251 00 00	0.158	27.6	90	50×10^{-8}	
X Λυσιθέα	11 720 000	260 00 00	0.107	29.0	20	0.4×10^{-8}	
VII Elara	11 740 000	260 00 00	0.207	24.8	40	4×10^{-8}	
XII Ananke	21 200 000	671 00 00R	0.169	147	15	0.2×10^{-8}	
XI Carme	22 600 000	692 00 00R	0.207	164	20	0.5×10^{-8}	
VIII Πασιφάη	23 500 000	735 00 00R	0.378	145	20	1×10^{-8}	
IX Σινόπη	23 700 000	758 00 00R	0.275	153	20	0.4×10^{-8}	

ΔΟΥΡΥΦΟΡΟΙ ΚΡΟΝΟΥ

Δορυφόρος	Στοιχεία τροχιάς				Ακτίνα [km]	Μάζα [% μάζας πλανήτη]	Μέση πυκνότητα [g/cm ³]
	Μεγάλος ημιάξονας [km]	Περίοδος [d m s]	Εκκεντρό- τητα	Κλίση [°]			
Δορυφόροι του Κρόνου							
Παν	133 583	00 13 48			9.66	8×10^{-10}	
15 Άτλας	137 640	00 14 27	0.000	0.3	20×15		
16 Προμηθέας	139 353	00 14 43	0.003	0.003	73×43×33		0.7
17 Πανδώρα	141 700	00 15 05	0.004	0.0	57×42×31		0.7
11 Επιμηθέας	151 422	00 16 40	0.009	0.34	72×54×49		0.7
10 Ιανός	151 472	00 16 40	0.007	0.14	98×96×75		0.67
1 Μίμας	185 520	00 22 37	0.020	1.5	196	8×10^{-6}	1.2
2 Εγκέλαδος	238 000	01 08 32	0.005	0.0	250	1.3×10^{-5}	1.1
3 Τηθύς	294 700	01 22 15	0.000	1.9	530	1.3×10^{-4}	1.0
13 Τελεστό	294 700	01 22 15			17×14×13		
14 Καλυψώ	294 700	01 22 15			17×11×11		
4 Διώνη	377 400	02 17 36	0.002	0.0	560	1.9×10^{-4}	1.4
12 Ελένη	377 400	02 17 45	0.005	0.0	18×16×15		
5 Ρέα	527 000	04 12 16	0.001	0.4	765	4.4×10^{-4}	1.3
6 Τιτάν	1 221 800	15 21 51	0.029	0.3	2575	2.4×10^{-2}	1.9
7 Υπερίων	1 481 000	21 06 45	0.104	0.4	205×130×110	3×10^{-6}	1.9
8 Ιάπετος	3 561 300	79 03 43	0.028	14.7	730	3.3×10^{-4}	1.2
9 Φήβη	12 952 000	549 03 33	0.163	177	110	7×10^{-8}	

ΔΟΥΦΟΡΟΙ ΟΥΡΑΝΟΥ

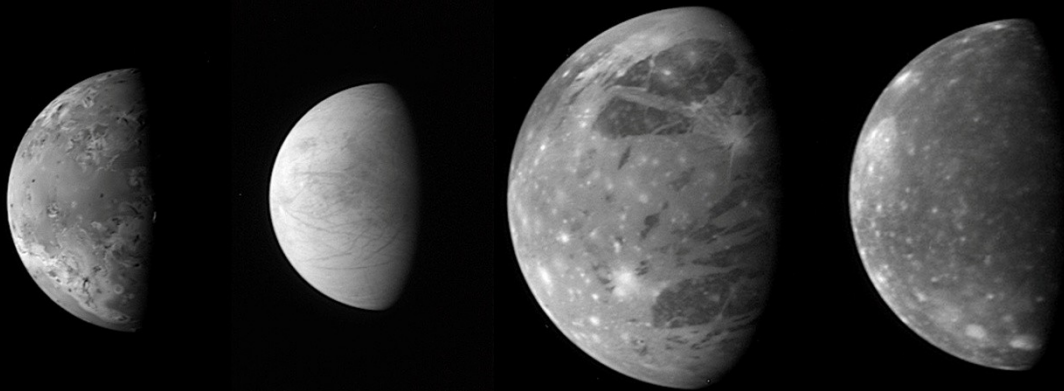
Δουφόρος	Στοιχεία τροχιάς				Ακτίνα [km]	Μάζα [% μάζας πλανήτη]	Μέση πυκνότητα [g/cm ³]
	Μεγάλος ημιάξονας [km]	Περίοδος [d m s]	Εκκεντρό- τητα	Κλίση [°]			
Δουφόροι του Ουρανού							
Cordelia	49 771	00 08 02	<0.001	0.3	25		
Ophelia	53 796	00 09 02	0.01	<0.5	25		
Bianca	59 173	00 10 25	<0.001	0.2	25		
Cressida	61 777	00 11 07	<0.0001	0.2	30		
Desdemona	62 676	00 11 22	<0.0001	0.2	30		
Juliet	64 352	00 11 50	0.001	<0.2	40		
Portia	66 085	00 12 19	<0.005	<0.2	40		
Rosalind	69 942	00 11 54	<0.0005	0.4	30		
Belinda	75 258	00 14 57	<0.003	0.1	25		
Puck	86 000	00 18 17	<0.0003	0.3	85		
5 Miranda	129 783	01 09 56	0.003	3.4	240	0.2×10^{-3}	1.26
1 Ariel	191 239	02 12 29	0.003	4.2	579	1.8×10^{-3}	1.65
2 Umbriel	265 969	04 03 27	0.005	0.4	586	1.2×10^{-3}	1.44
3 Titania	435 844	08 16 56	0.0002	0.1	790	6.8×10^{-3}	1.59
4 Oberon	582 596	13 11 07	0.001	0.1	762	6.9×10^{-3}	1.50

ΔΟΥΡΥΦΟΡΟΙ ΠΟΣΕΙΔΩΝΑ - ΠΛΟΥΤΩΝΑ

Δορυφόρος	Στοιχεία τροχιάς				Ακτίνα [km]	Μάζα [% μάζας πλανήτη]	Μέση πυκνότητα [g/cm ³]
	Μεγάλος ημιάξονας [km]	Περίοδος [d m s]	Εκκεντρό- τητα	Κλίση [°]			
Δορυφόροι του Ποσειδώνα							
Ναΐάδα	48 230	00 07 00			25		
Θάλασσα	50 070	00 07 30			40		
Δέσποινα	52 530	00 08 00			75		
Γαλάτεια	61 950	00 10 00			90		
Λάρισα	73 550	00 13 00			95		
Πρωτέας	117 640	00 27 00			200		
Τρίτων	354 800	05 21 03R	10 ⁻⁵	157	1350	0.1	2.07
Νηρηΐδα	5 513 360	360 05 00	0.75	7.2	170	2×10 ⁻⁵	2.03
Δορυφόροι του Πλούτωνα							
Χάρων	19 405	06 09 17R	0	96.6	590	8	

ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ ΔΙΑ

Family Portrait



Io

Europa

Ganymede

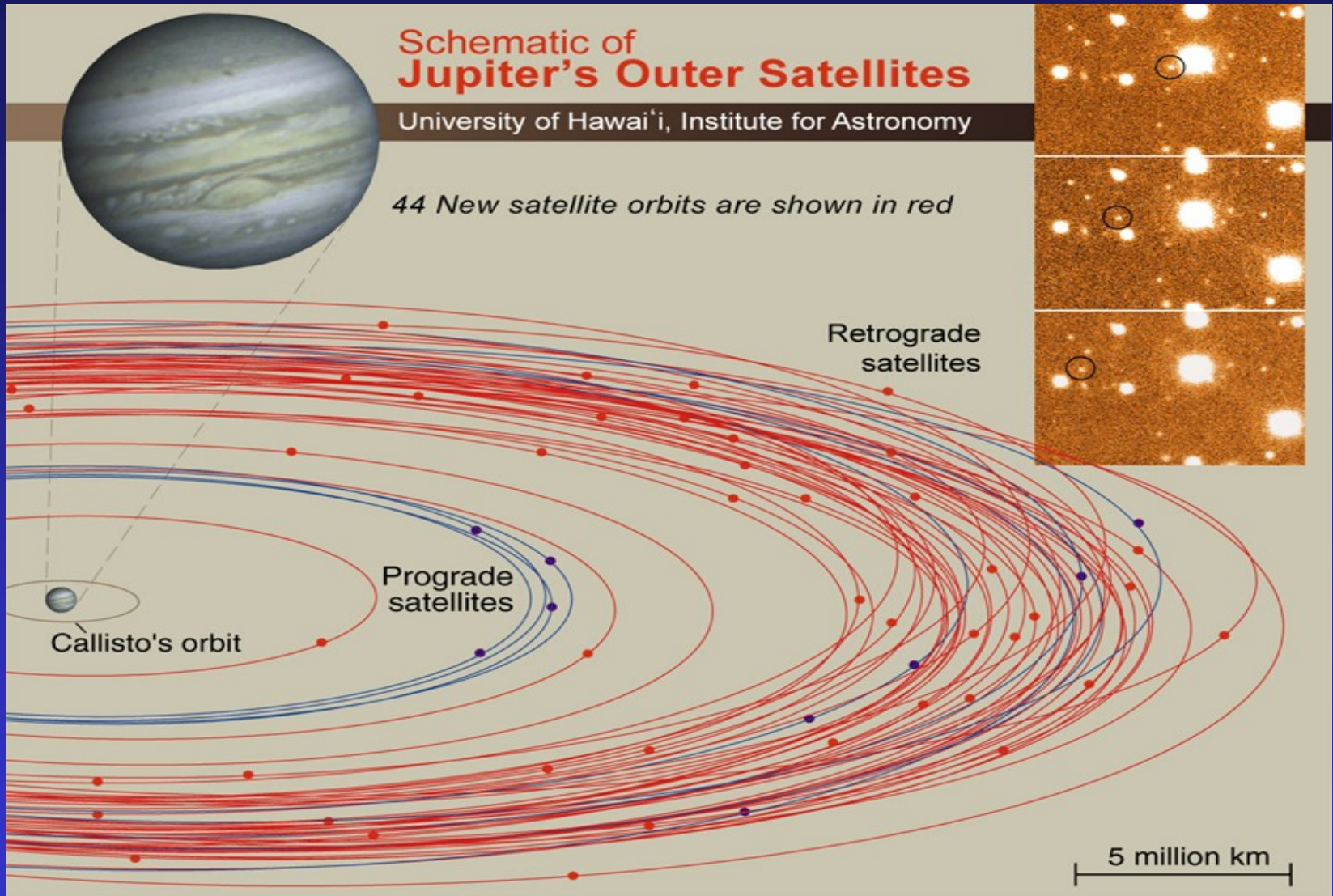
Callisto

Εικόνα 19: Οι τέσσερις μεγάλοι δορυφόροι του Δία [19].

Περίοδοι: 4, 2, 1 → συντονισμός

Ιό και Ευρώπη θα είχαν ελλειπτικές τροχιές, όμως ο παλιρροιογόνες δυνάμεις του Δία ασκούν τριβή και κρατούν την ελλειπτικότητα μικρή (και θερμαίνουν το εσωτερικό!).

ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ ΔΙΑ



Εικόνα 20: Σχηματική αναπαράσταση των τροχιών των εξωτερικών δορυφόρων του Δία [20].

ΕΥΡΩΠΗ

Η Ευρώπη είναι ο δεύτερος από τους λαμπρούς δορυφόρους του Δία. Περίοδος περιφοράς της γύρω από τον Δία: 3.5 ημέρες. Διάμετρος: 3138 km (μόλις μικρότερη από τη Σελήνη αλλά μεγαλύτερη από τον Πλούτωνα). Η χημική σύστασή της είναι παρόμοια με αυτήν των γήινων πλανητών.

Έχει μικρό μεταλλικό πυρήνα. Τα εξωτερικά στρώματα αποτελούνται κυρίως από πετρώματα πλούσια σε πυρίτιο. Αυτό που χαρακτηρίζει όμως την επιφάνεια της Ευρώπης είναι η σχεδόν παντελής έλλειψη κρατήρων και η εκτεταμένη κάλυψή της από πάγους. Οι πάγοι εμφανίζουν χαρακτηριστικές σχισμές μήκους πολλών εκατοντάδων χιλιομέτρων και πλάτους μέχρι 20 km.

ΕΥΡΩΠΗ

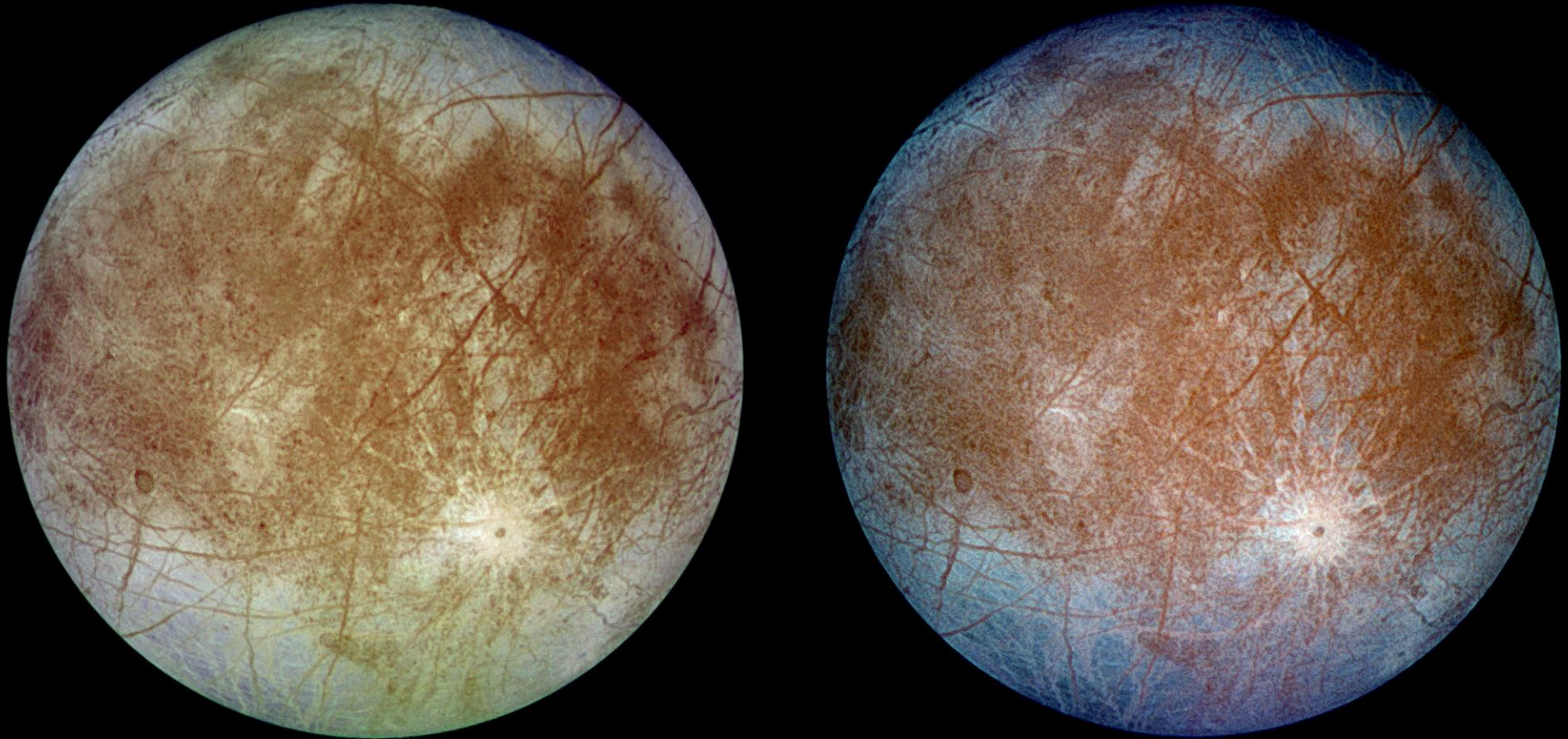
Το πιθανότερο σενάριο είναι ότι οι σχισμές των πάγων δημιουργήθηκαν από τις περιοδικές **παλιρροιογόνες δυνάμεις που εξασκεί ο Δίας** στην Ευρώπη, εξ αιτίας των οποίων δημιουργούνται τριβές και επομένως μεγάλες θερμοκρασίες στο εσωτερικό της, το οποίο αναμένεται να περιέχει σημαντικές ποσότητες υγρού ύδατος. Οι αυξομειώσεις της θερμοκρασίας προκαλούν **έντονες εποχιακές μεταβολές**, τόσο στο εσωτερικό του δορυφόρου όσο και στην παγωμένη επιφάνειά του, η οποία θρυμματίζεται.

Η **ύπαρξη ύδατος σε υγρή μορφή στο εσωτερικό της Ευρώπης** επιβεβαιώθηκε από μετρήσεις του μαγνητικού πεδίου της, η διεύθυνση του οποίου μεταβάλλεται περιοδικά καθώς αυτή περιφέρεται γύρω από τον Δία. Η μεταβολή αυτή υπολογίστηκε ότι μπορεί να οφείλεται στα άλατα που περιέχει το νερό.

ΕΥΡΩΠΗ

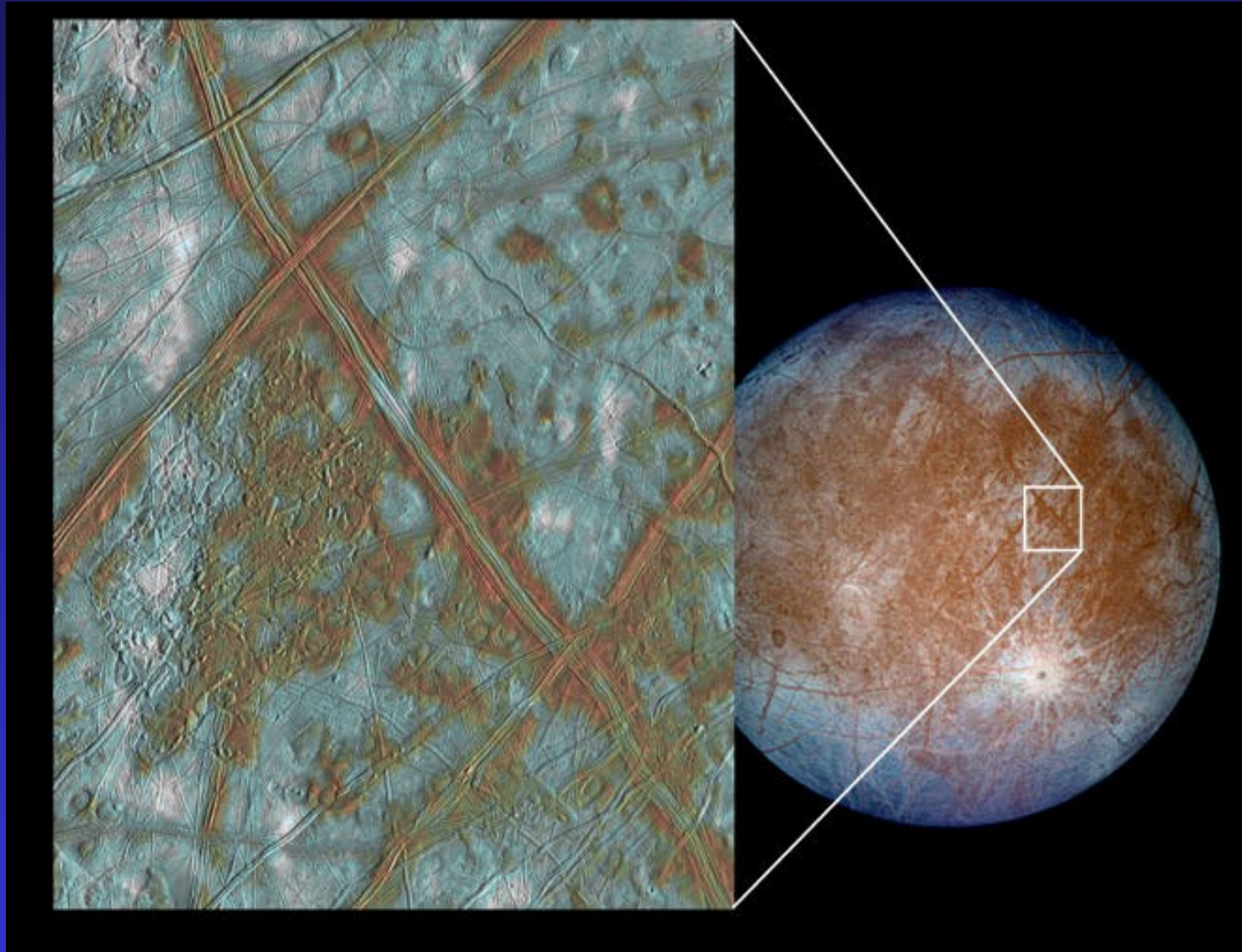
Σημαντική είναι επίσης η ανίχνευση ατμόσφαιρας που περιέχει οξυγόνο στην Ευρώπη, καθιστώντας την ένα από τους 6 δορυφόρους (μεταξύ των 74 του πλανητικού συστήματός μας) που έχουν ατμόσφαιρα. Η ύπαρξη ύδατος στο εσωτερικό, πάγου στην επιφάνεια και οξυγόνου στην ατμόσφαιρα της Ευρώπης την καθιστούν προφανή στόχο για διαστημικές αποστολές ανίχνευσης εξωγήινης ζωής.

ΕΥΡΩΠΗ



Εικόνα 21: Η Ευρώπη, όπως φωτογραφήθηκε από το διαστημόπλοιο Galileo στις 07/09/1996, από απόσταση 677,000 χιλιομέτρων [21].

ΕΥΡΩΠΗ



Εικόνα 22: Μεγέθυνση του φλοιού της Ευρώπης, όπου φαίνονται οι χαρακτηριστικές σχισμές των πάγων [22].

ΤΙΤΑΝΑΣ

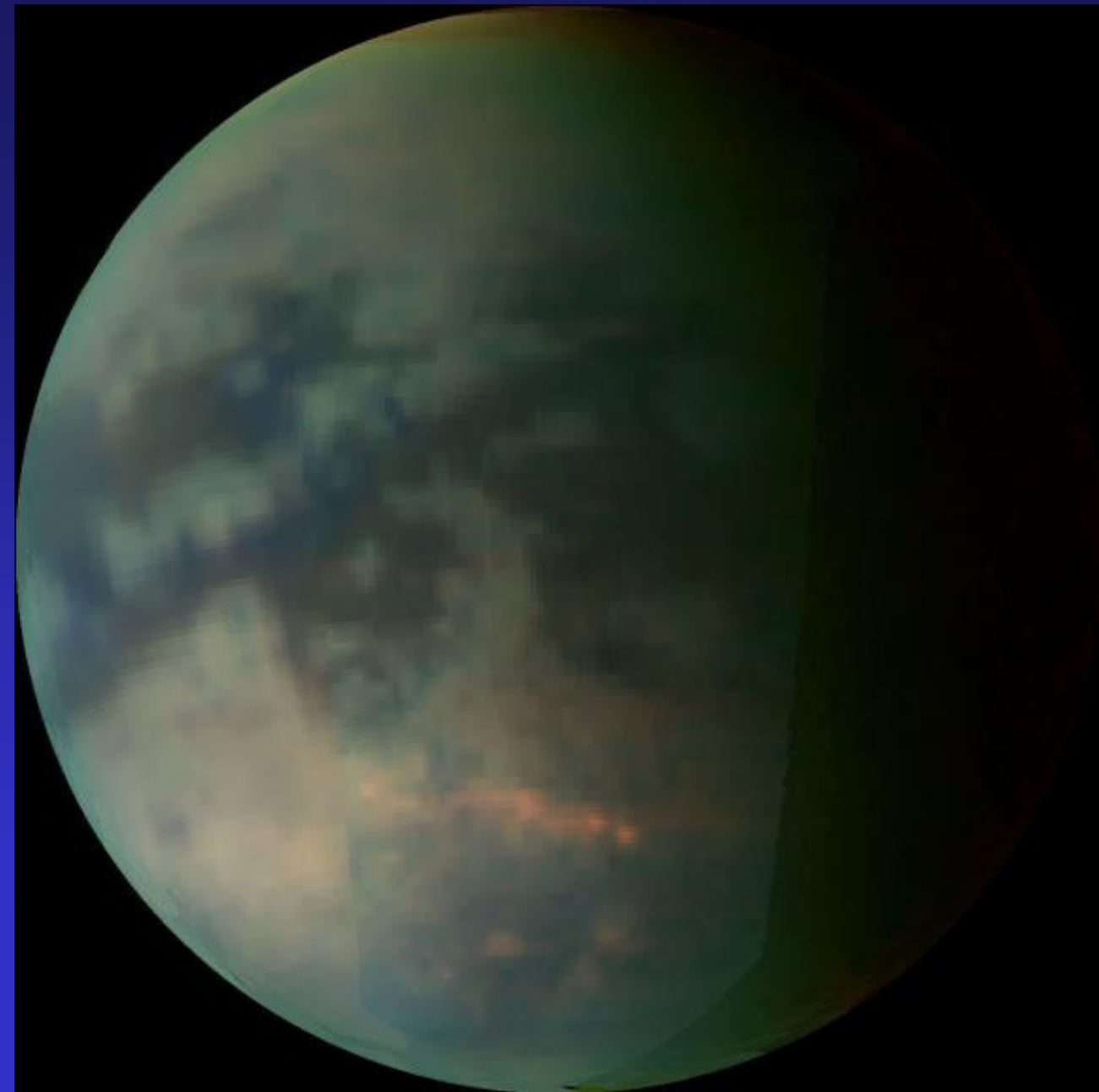
Ο Τιτάνας είναι ο μεγαλύτερος δορυφόρος του Κρόνου.
Διάμετρος: 5150 km (δεύτερος σε μέγεθος στο ηλιακό σύστημα)
Μεγαλύτερος από τον πλανήτη Ερμή!

Έχει πυκνή ατμόσφαιρα του από άζωτο, αργόν, μεθάνιο και ίχνη άλλων ενώσεων (οργανικών, όπως αιθάνιο και υδροκυάνιο, και ανόργανων, όπως διοξείδιο του άνθρακα και νερό).

Η ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνειά του είναι περίπου 1.5 ατμόσφαιρες.

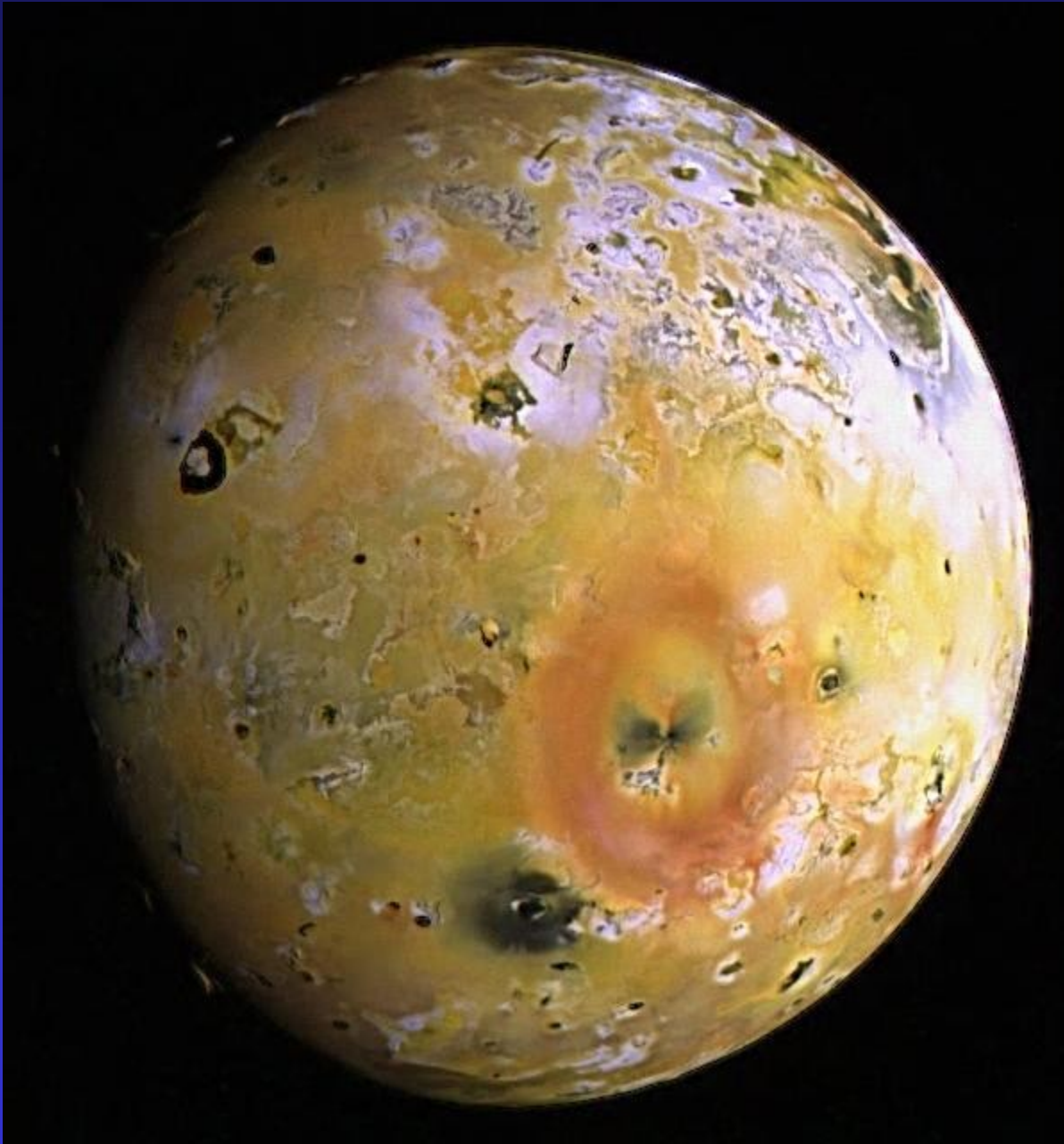
Υπάρχουν ωκεανοί που περιέχουν υδρογονάνθρακες προερχόμενους από φωτοχημικές αντιδράσεις στην ανώτερη ατμόσφαιρα του δορυφόρου.

ΤΙΤΑΝΑΣ



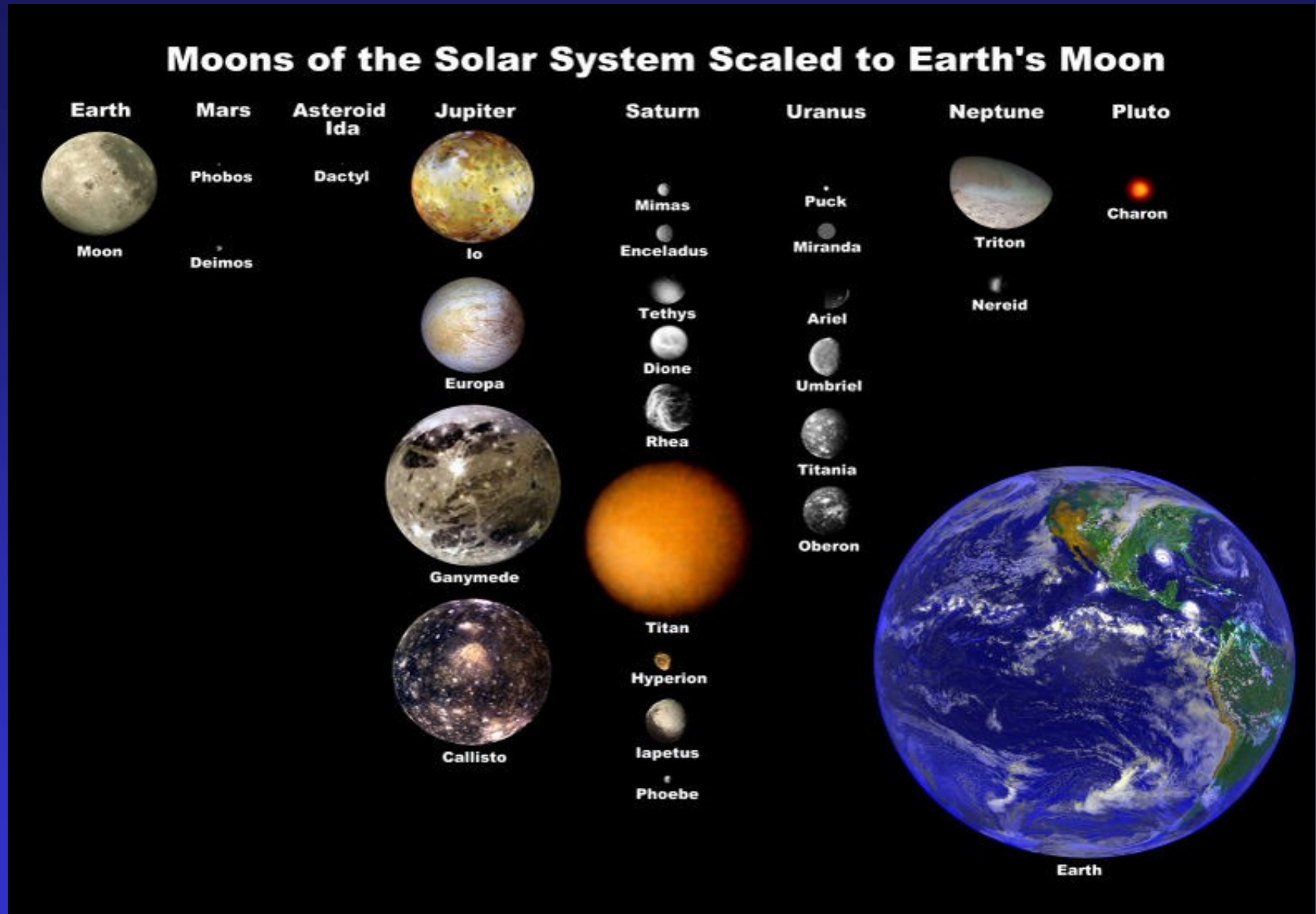
Εικόνα 23: Ο δορυφόρος του Κρόνου, Τιτάνας [23].

ΙΩ



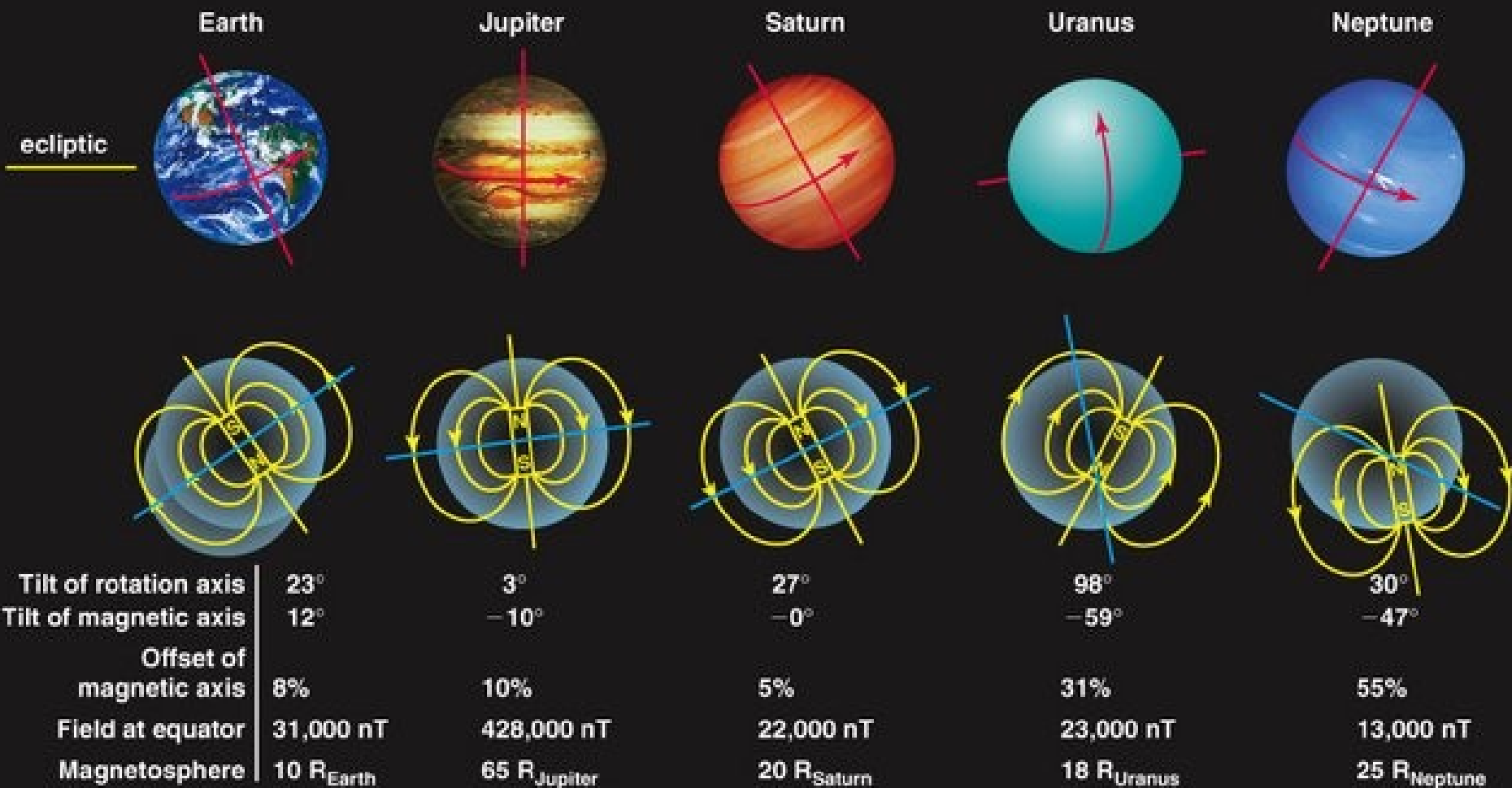
Εικόνα 24: Ο δορυφόρος του Κρόνου, Ιώ [24].

ΔΟΡΥΦΟΡΟΙ ΤΟΥ ΗΛΙΑΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ



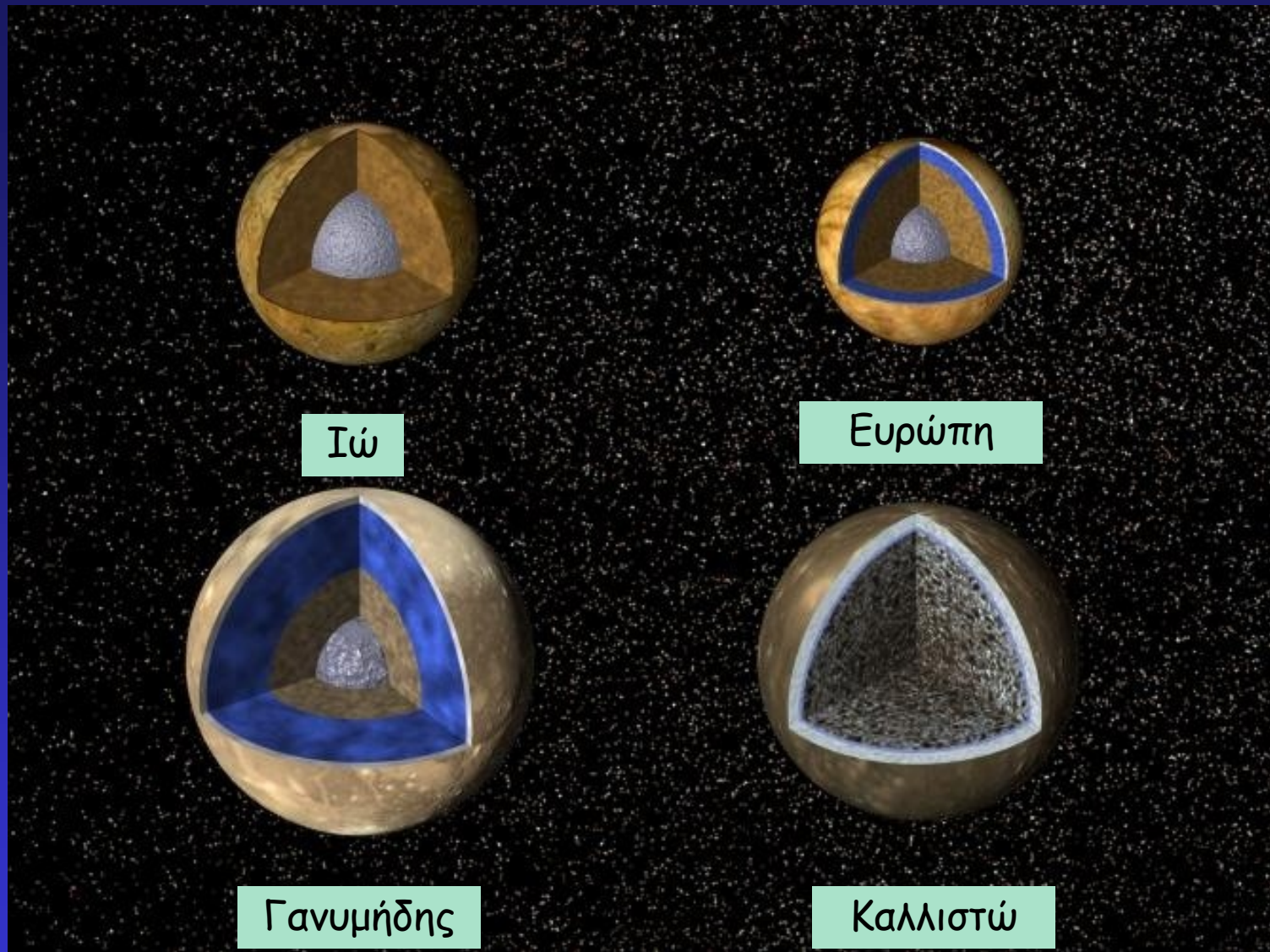
Εικόνα 25: Δορυφόροι του Ηλιακού συστήματος, σε σύγκριση με τη Σελήνη [25].

ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ



Εικόνα 26: Πλανητικά μαγνητικά πεδία [26].

ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΔΟΥΡΥΦΟΡΩΝ



Εικόνα 27: Πιθανή δομή δορυφόρων του Δία. Το εξωτερικό των εικόνων προέρχεται από φωτογραφίες του Voyager, ενώ το εσωτερικό είναι η πιθανή δομή από μετρήσεις των βαρυτικών και μαγνητικών τους πεδίων [27].

ΚΟΜΗΤΕΣ

Κομήτης C/2006 P1 (McNaught) (23 Ιαν. 2007)



Εικόνα 28: Ο κομήτης C/2006 P1, πάνω από το Swifts Creek, Victoria της Αυστραλίας [28].

Κομήτης Hale-Bopp



Εικόνα 29: Φωτογραφία του κομήτη Hale - Bopp (Κροατία, 29/03/1997) [29].

Κομήτης Hale-Bopp



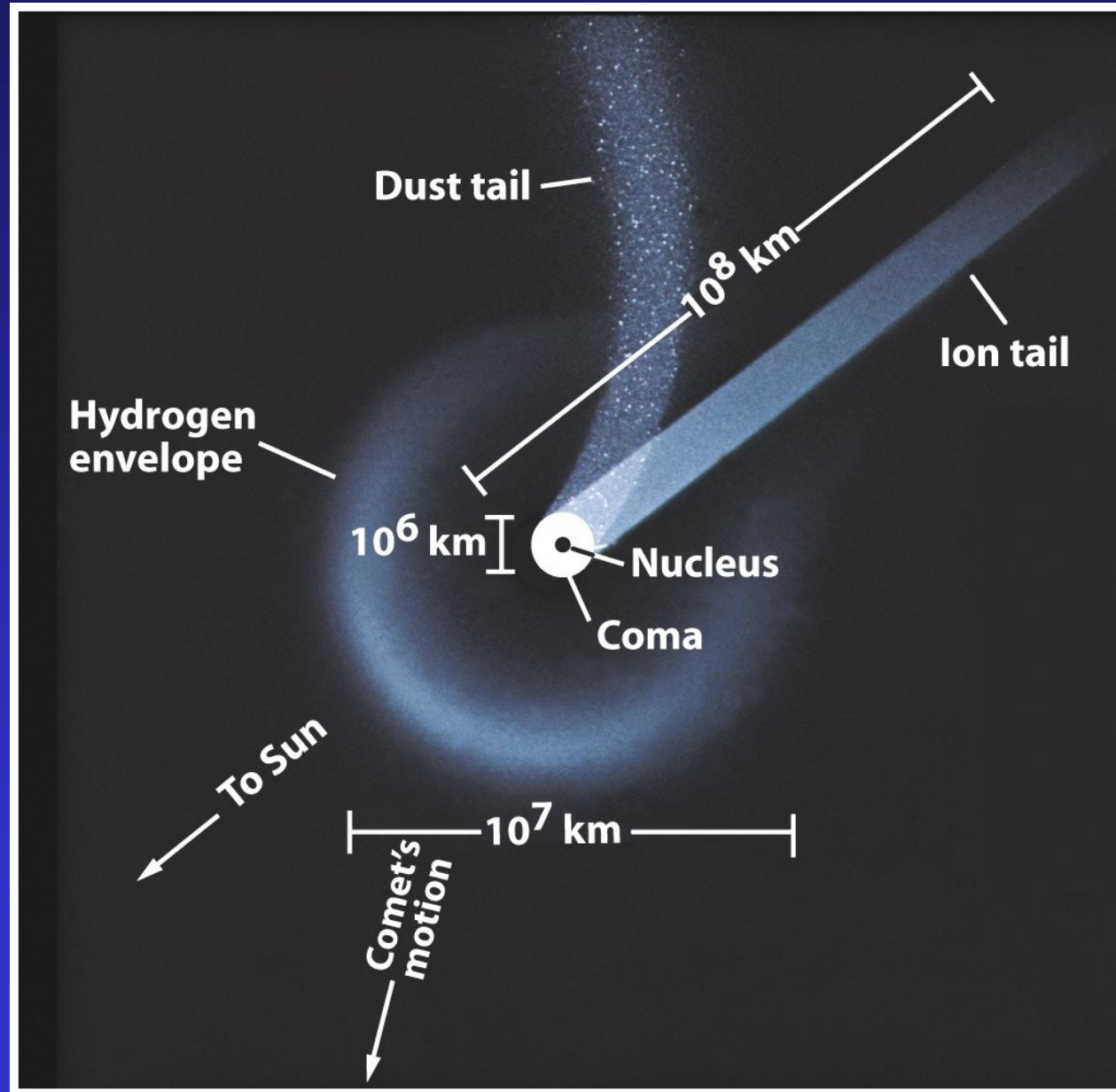
Εικόνα 30: Ο κομήτης
Hale - Bopp (04/04/1997)
[30].

ΚΕΦΑΛΗ ΚΟΜΗΤΗ ΤΟΥ HALLEY



Εικόνα 31: Φωτογραφία της κεφαλής του κομήτη Halley, κατά την προσέγγιση του στον Ήλιο, από το ευρωπαϊκό διαστημόπλοιο Giotto [31].

ΚΟΜΗ ΚΑΙ ΟΥΡΑ



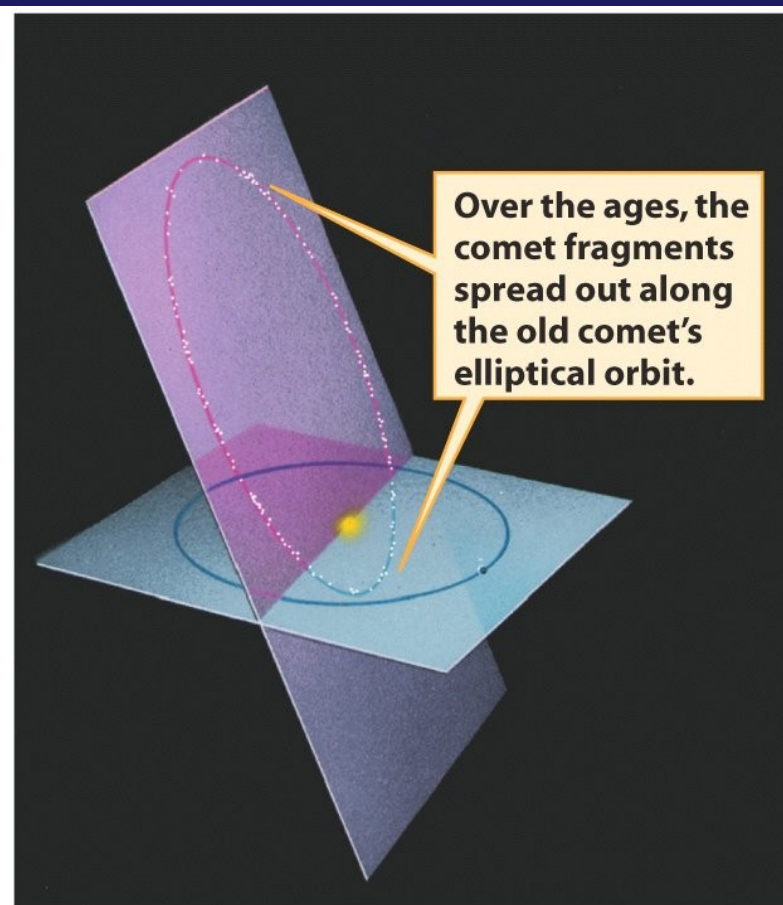
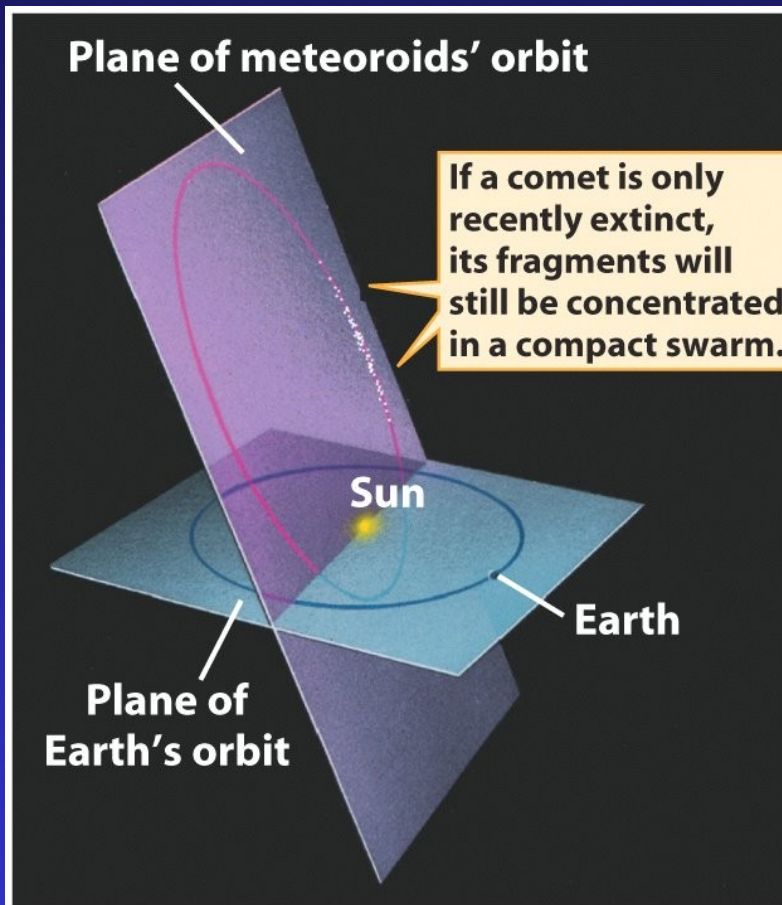
Εικόνα 32: Η κόμη περιβάλλει τον κομήτη και αποτελείται από αέρια και σκόνη. Οι δύο ουρές του κομήτη αποτελούνται από σκόνη και ιόντα, αντίστοιχα [32].

Απεικόνιση του κομήτη Halley το 1066



Εικόνα 33: Απεικόνιση ανδρών που παρατηρούν τον κομήτη του Halley το 1066 [33].

Μετωροειδείς



Εικόνα 34: Τα απομεινάρια ενός κομήτη, κατά μήκος της τροχιάς του [34].

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

1. Image showing positions and names of planets in the solar system
WP, Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported license
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Planets2013.jpg>

2. Εικόνες 2, 3, 4:

- Telluric planets size comparison
commons.wikimedia.org/wiki/File:Telluric_planets_size_comparison.jpg
- Solar system planets size comparison
commons.wikimedia.org/wiki/File:Size_planets_comparison.jpg
- Planets and sun size comparison
commons.wikimedia.org/wiki/File:Planets_and_sun_size_comparison.jpg

Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported license
http://www.lesud.com/lesud-astronomy_pageid81.html

5. PIA02873: High Resolution Globe of Jupiter
NASA JPL Photojournal (Public Domain)
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA02873>

6. PIA06077: Ringworld Waiting
NASA JPL Photojournal (Public Domain)
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/pia06077>

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

7. Uranus 2
NASA/JPL/Voyager mission (Public Domain)
<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Uranus2.jpg>
8. Neptune Full Disk
NASA/JPL (Public Domain)
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA00046>
9. Gas Giant Interiors
NASA, Lunar and Planetary Institute (Public Domain)
http://solarsystem.nasa.gov/multimedia/display.cfm?IM_ID=166
10. Asteroid Belt
Astronomy Education at the University of Louisville
http://prancer.physics.louisville.edu/astrowiki/index.php/File:Asteroid_Beltweb.jpg
11. The inner Solar System, from the Sun to Jupiter
Author: Mdf (Wikipedia User), released into the public domain
<http://en.wikipedia.org/wiki/File:InnerSolarSystem-en.png>
12. Lagrange Points
Astronomy 104 Lecture Notes, University of Wisconsin - Madison
http://wisp.physics.wisc.edu/astro104/lecture29/lec29_print.html

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

13. Figure 1: Pluto, Eris and the Kuiper belt.
Nature 468, 775-776 (09 December 2010)
http://www.nature.com/nature/journal/v468/n7325/fig_tab/468775a_F1.html
14. Close in Asteroid Belt
Amy Odman, Portland Community College
<http://spot.pcc.edu/~aodman/GS%20107%20web/outerobject/outerindex.htm>
15. How the Asteroid Belt Works
How Stuff Works Website
<http://science.howstuffworks.com/asteroid-belt2.htm>
16. Kirkwood Gaps
based on plot by Alan Chamberlain, JPL/Caltech (NASA - Public Domain)
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kirkwood_Gaps.svg
17. An image of the dwarf planet Eris and its moon Dysnomia.
NASA, ESA, and M. Brown (Public Domain)
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eris_and_dysnomia2.jpg
18. The distribution and classification of the trans-Neptunian Objects
Generated by a program written by Eurocommuter (Wikimedia Commons user).
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:TheTransneptunians_73AU.svg

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

19. Jupiter's Moons: Family Portrait
NASA, Jupiter Flyby
<http://www.nasa.gov/centers/ames/multimedia/images/2007/jupiterflyby.html>
20. Schematic of Jupiter's Outer Satellites
Survey of Astronomy Lecture Notes, Prof. Joshua E. Barnes (Univ. of Hawaii)
[http://www.ifa.hawaii.edu/~barnes/ast110_06/gphah.html#\[17\]](http://www.ifa.hawaii.edu/~barnes/ast110_06/gphah.html#[17])
21. Natural and False Color Views of Europa
Image Credit: NASA/JPL/DLR
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA00502>
22. Blocks in the European Crust Provide More Evidence of Subterranean Ocean
Image Credit: NASA/JPL/University of Arizona
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA03002>
23. Exposing Titan's Surface
Image Credit: NASA/JPL/University of Arizona
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA09034>
24. High Resolution Global View of Io
Image Credit: NASA/JPL/University of Arizona
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA00583>

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

25. Moons of the solar system to scale with the Earth
NASA Solar System Exploration
http://solarsystem.nasa.gov/multimedia/display.cfm?IM_ID=2823
26. Planetary Magnetic Fields,
Copyright, Thomson Higher Education
27. Possible Internal Structures of the Galilean Satellites
Image Credit: NASA/JPL
<http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA01082>
28. Comet P1 McNaught, taken from Swifts Creek, Victoria, Australia
Flagg staff fotos, *Attribution NonCommercial Unported 3.0 license*
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Comet_P1_McNaught02_-_23-01-07.jpg
29. Photo of the comet Hale-Bopp above a tree.
Philipp Salzgeber, *Creative Commons Attribution-Share Alike 2.0 Austria license*
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Comet-Hale-Bopp-29-03-1997_hires_adj.jpg

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

30. Image of comet C/1995 O1 (Hale-Bopp), taken on 1997 April 04
E. Kolmhofer, H. Raab; Johannes-Kepler-Observatory, Linz, Austria
Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 Unported license
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Comet_Hale-Bopp_1995O1.jpg
31. Comet Halley's Nucleus: An Orbiting Iceberg
Credit & Copyright: Halley Multicolor Camera Team, Giotto Project, ESA
NASA, Astronomy Picture of the Day, 02/01/2010
<http://apod.nasa.gov/apod/ap100104.html>
32. Comet Tails,
GS 107 Lecture Notes, Amy Odman, Portland Community College
<http://spot.pcc.edu/~aodman/GS%20107%20web/outerobject/outerindex.htm>
33. Scene 32 : men staring at Halley's Comet
Photograph of work of art in the public domain
http://en.wikipedia.org/wiki/File:Bayeux_Tapestry_scene32_Halley_comet.jpg
34. Plane of meteoroids' orbit,
GS 107 Lecture Notes, Amy Odman, Portland Community College
<http://spot.pcc.edu/~aodman/GS%20107%20web/outerobject/outerindex.htm>



Τέλος Ενότητας

Επεξεργασία: Νικόλαος Τρυφωνίδης
Θεσσαλονίκη, 31 Μαρτίου 2014



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

