

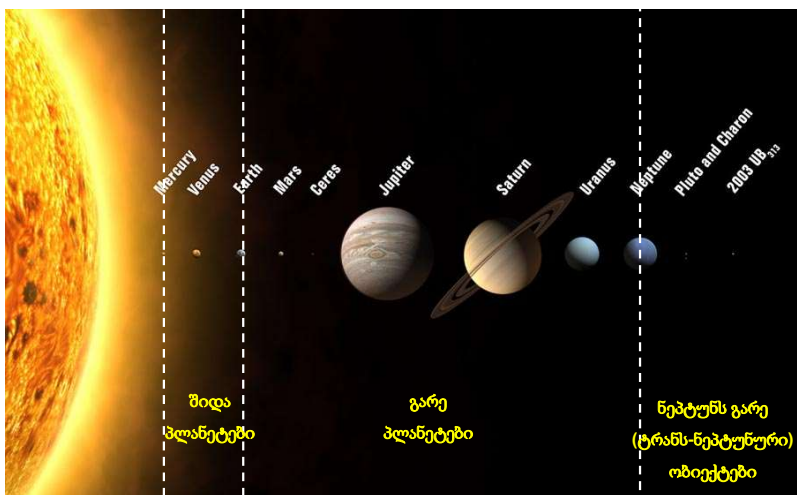


სამყაროს ევოლუცია

ლექცია 3

მზის სისტემა, პლანეტები,
კომეტები, ასტეროიდები
პლანეტების წარმოშობა

მზის სისტემის პლანეტები



წინა ლექციაში

- კეპლერის კანონები
- გალილეის დაკვირვებები
- მსოფლიო მიზიდულობის კანონი
- ფუნდამენტური ტრაექტორიები
- ნიუტონის კოსმოლოგია

პლანეტების სახელები

ისტორიული სახელები:

მერკური – კომერციის და მოგზაურობის ღმერთი
(ყველაზე სწრაფად მოძრავი პლანეტა)

ვენერა – სიყვარულის და სილამაზის ღმერთი
(ცაზე ლამაზი ტრაექტორია?)

მარსი – ომის ღმერთი (პლანეტის მოწითალო ფერი)

იუპიტერი – მთავარი ღმერთი
(ყველაზე დიდი პლანეტა)

სატურნი – მიწადმოქმედების ღმერთი

ურანი, ნეპტუნი, პლუტონი – ტრადიციის გაგრძ.

პლანეტების ტიპები

1. დედამიწის ტიპის (კლდოვანი) პლანეტები (terrestrial)

მერკური, ვენერა, დედამიწა, მარსი

2. გიგანტები

(აირის, ყინულის)

აირის გიგანტები: იუპიტერი, სატურნი;

ყინულის გიგანტები: ურანი, ნეპტუნი

პლანეტის ტიპები

ფიზიკური მახასიათებლები

პლანეტის ტიპი:	კლდოვანი	გიგანტი
ძირითადი ფორმა:	ქვა/მეტალი	აირი/ყინული
ორბიტები:	0.39–1.52AU	5.2–30AU
ზედ.ტემპერატურა	215– 733K	70–165K
თანამგზავრები:	0–2	13–63
რგოლები:	არა	კი

(273K=0°C)

ტიციუს–ბოდეს წესი

მანძილი პლანეტებამდე: $R = 4 + n$;
 $n = 3, 6, 12, 24, \dots$

მომდევნო ორბიტაზე n ორმაგდება

ასტრონომიულ ერთეულებში

$$R = 0.4 + 0.3 \times 2^m, \quad m = (-\infty, 0, 1, 2, 3, \dots)$$

დედამიწა: $m=1, R=1AU$

წესი თუ კანონი?

მანძილები

პლანეტა	ტიციუს–ბოდეს (AU)	რეალური (AU)
მერკური	(0.4+0.3x0)	0.4
ვენერა	(0.4+0.3x2 ⁰)	0.7
დედამიწა	(0.4+0.3x2 ¹)	1
მარსი	(0.4+0.3x2 ²)	1.6
?(ცერესი)	(0.4+0.3x2 ³)	2.8
იუპიტერი	(0.4+0.3x2 ⁴)	5.2
სატურნი	(0.4+0.3x2 ⁵)	10
ურანი	(0.4+0.3x2 ⁶)	19.6
ნეპტუნი	(0.4+0.3x2 ⁷)	38.8

ასტეროიდების სარტყელი

ტიციუს–ბოდეს რადიუსი: 2.8AU

პირველი ობიექტი: ცერესი (ცერერა, 1801) რადიუსი: 487კმ



ასტეროიდების სარტყელი

“მზის სისტემის ძირითადი სარტყელი”

100+ კმ დიამეტრი: 200 ობიექტი

1+ კმ დიამეტრი: 0.7–1.7 მილიონი ობიექტი

ასტეროიდების

ტიპი: კლდოვანი

ყველაზე დიდი ასტეროიდები: (ჯუჯა პლანეტები)

Ceres, 4 Vesta, 2 Pallas, 10 Hygiea

ცერერას ორბიტა: 2.7AU

სარტყელის მასათა ცენტრი: 2.8AU

ცერერა (ცერესი)

ჯუჯა პლანეტა

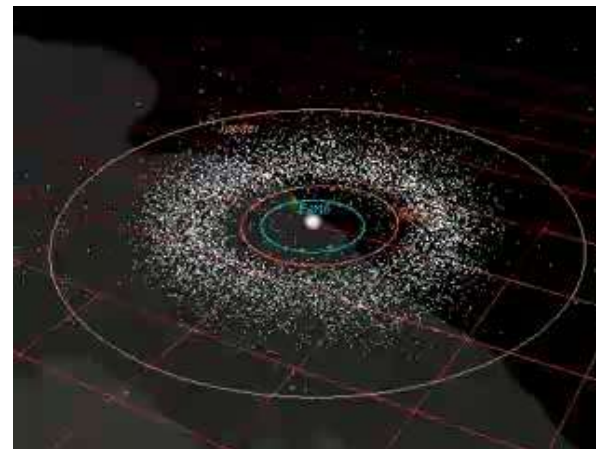
(2006 წ.-მდე ასტეროიდი)

(1850 წ.-მდე პლანეტა)



ასტეროიდების სარტყელი

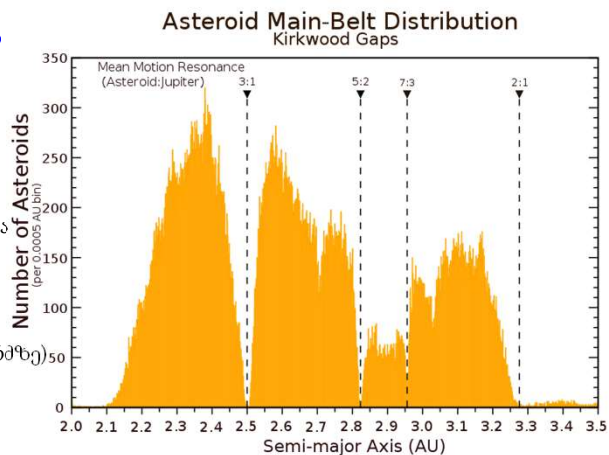
პლანეტების ბრუნვის სიბრტყე: ეკლიპტიკა



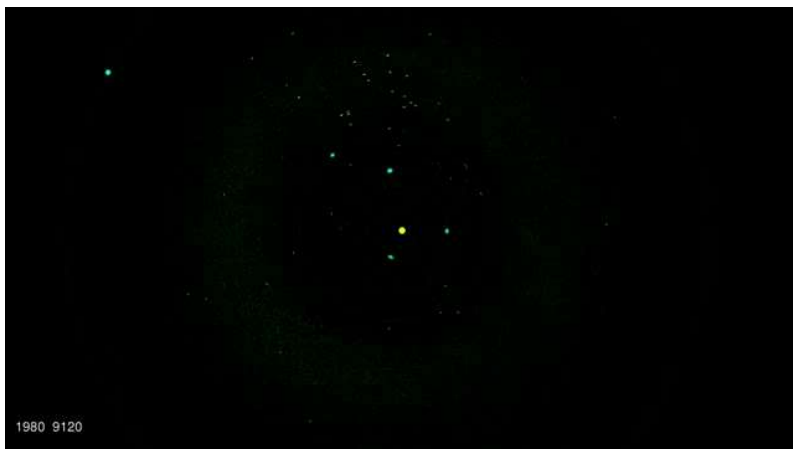
ასტეროიდების სარტყელი

კირკუდის რღვეულები

ასტეროიდების
რიცხვის
დამოკიდებულება
ორბიტების
ორბიტის
რადიუსზე
(დიდ ნახევარღერძზე)



ასტეროიდების აღმოჩენები (1980–2012)

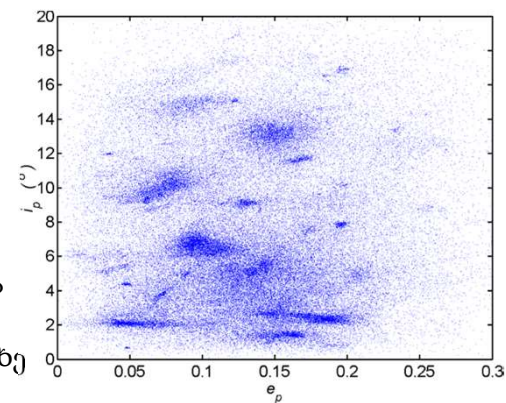


ასტეროიდების სარტყელი

სხვადასხვა ოჯახები ძირითად სარტყელში

ფლორა, ეუნომა,
კორონისი, ეოსი,
... 20–30 ჯგუფი

ორბიტის
ეკლიპტიკიდან
დახრის კუთხის
დამოკიდებულება
ორბიტის
ექსცენტრისიტეტზე



პლანეტები: მერკური

ნახევარღერძი:

0.387 AU

ექსცენტრისიტეტი:

0.2

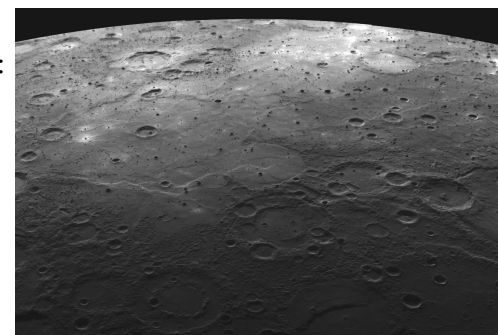
პერიოდი:

88 დღე

ორბიტის

ეკლიპტიკიდან
დახრის კუთხე

7 გრადუსი



პლანეტები: მერკური

მეტალი: 70%

სილიციუმი: 30%

ზედაპირული ტემპერატურები

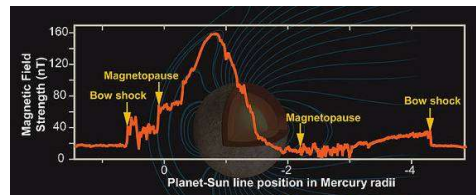
საშუალო: 67 °C

მაქსიმალური: 427 °C

ატმოსფერო: არამდგრადი ზედაპირული ფენა

მაგნიტური ველი:

მაგნიტოსფერო



პლანეტები: ვენერა

ნახევარღერძი:

0.723AU

ეკსცენტრისიტეტი:

0.0068

პერიოდი:

224.7 დღე

ორბიტის

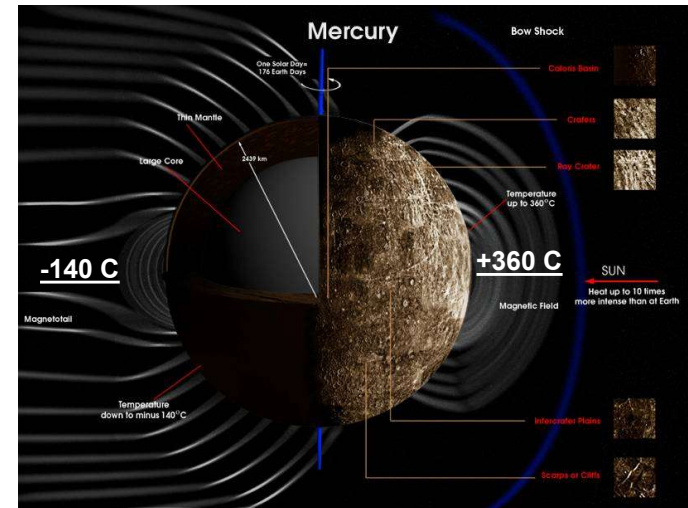
ეკლიპტიკიდან

დახრის კუთხე

3.39 გრადუსი



პლანეტები: მერკური



პლანეტები: ვენერა

ზედაპირული ტემპერატურა

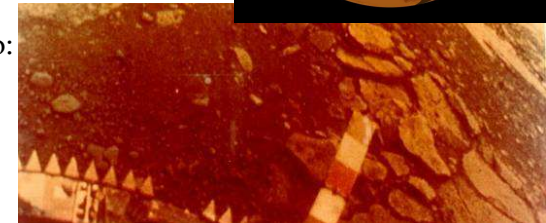
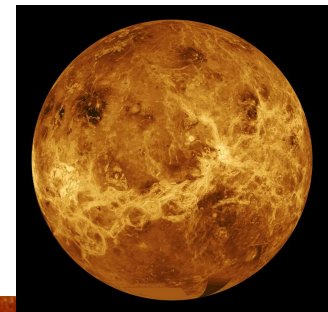
მაქსიმალური: 460 °C

ატმოსფერო:

(CO₂) ღრუბლები; კლიმატი;

მაგნიტური ველი:

არა



პლანეტები: დედამიწა

ნახევარდღი:

1 AU

ეკსცენტრისიტეტი:

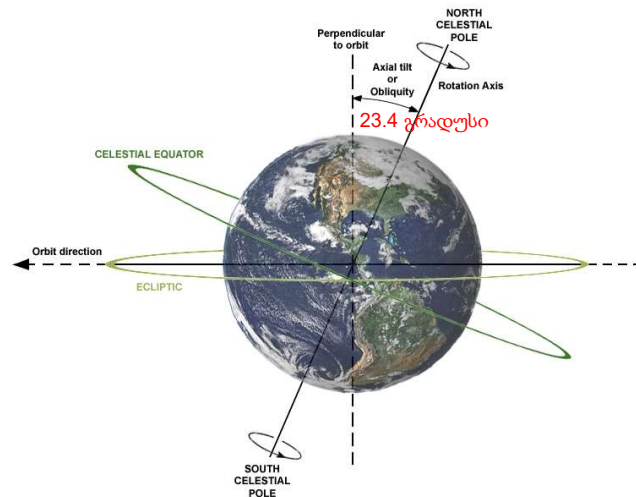
0.0167

პერიოდი:

365.25 დღე



პლანეტები: დედამიწა



პლანეტები: დედამიწა

ზედაპირული ტემპერატურები:

საშუალო: **14 °C**

მინ./მაქს.: **-89 / +58 °C**

ატმოსფერო: **78% აზოტი, 20% ჟანგბადი, ...**

ქერქი: **SiO₂ 60%, Al₂O₃ 15%, Ca 5.5%, Fe 3.8% ...**

ბირთვი: **“Nife” Ni-Fe (ნიკელ–რკინის ნარევი) 90%**

პლანეტები: დედამიწა

მაგნიტური ველი: **დიპოლური ველი**

ჩრდილოეთ და სამხრეთ პოლუსები

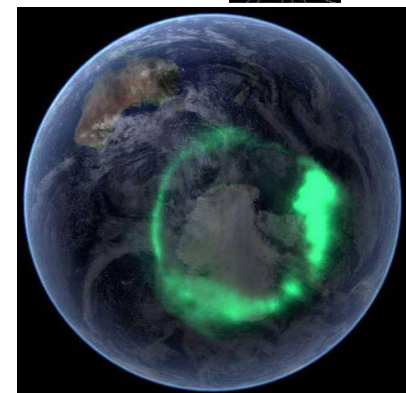
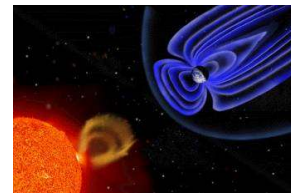


მაგნიტური პოლუსების

ბრუნვის ღერძიდან

გადახრა: **1.5 გრადუსი**

მაგნიტოსფერო



პლანეტები: დედამიწა

რადიაციული სარტყელები: ვან ალენის სარტყელები

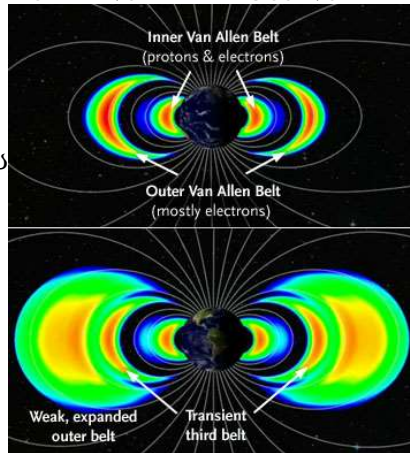
დედამიწის მაგნიტურ
ველში ჩაჭერილი
დამუხტული ნაწილაკების
სარტყელები

შიდა სარტყელი:

პროტონები;

გარე სარტყელი:

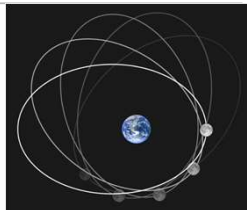
ელექტრონები;



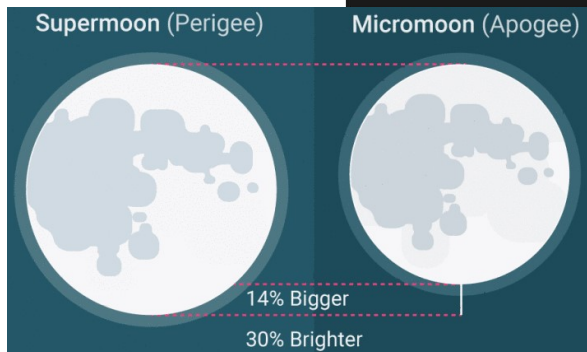
მთვარე

ორბიტა:

პერიგეას გადაადგილება



მთვარემდე
მანძილის და
ხილული
ზომის
ცვლილება



მთვარე

თანამგზავრი: მთვარე

ორბიტალური

პერიოდი: **27.3**

მასა: **0.0123 M_{დედამიწა}**

ექსცენტრისიტეტი:

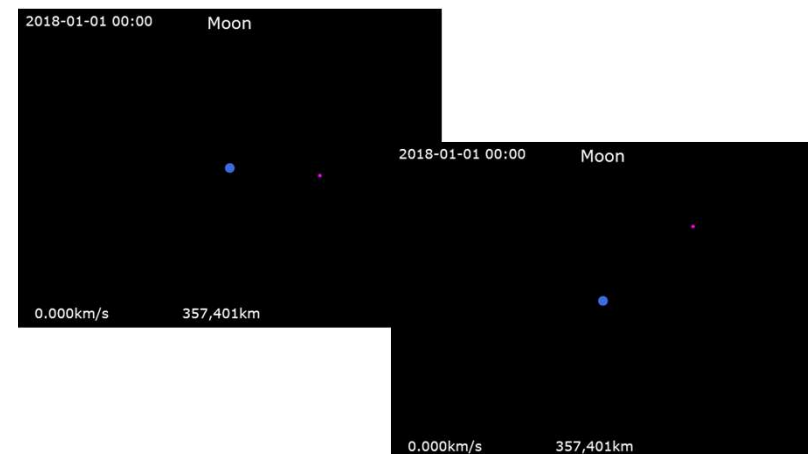
0.055

ორბიტის დიდი ნახევარღერძი: **384 399 კმ**



მთვარე

ორბიტალური ვარიაციები



პლანეტები: მარსი

ნახევარდღი:

1.523 AU

ექსცენტრისიტეტი:

0.093

პერიოდი:

686.9 დღე

დახრის კუთხე

1.85 გრადუსი



პლანეტები: მარსი

ზედაპირული ტემპერატურები:

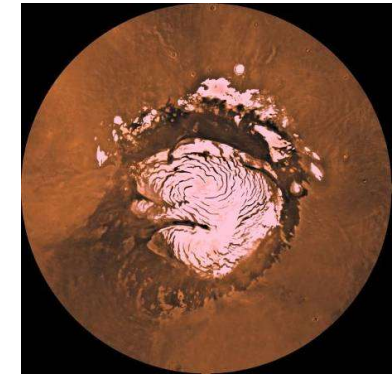
საშუალო: **-46 °C**

მაგნიტური ველი:

არა (წარსულში?)

ატმოსფერო: **CO₂**

პოლარული ყინულები
(“მშრალი ყინული”)



მარსის კვლევა

მისიები მარსზე:

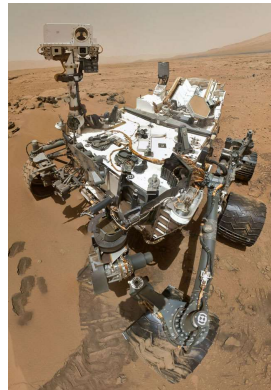
Mars2/3 /4/5/6/7 (USSR, 1971-74)

Mars Pathfinder (Nasa, 1997)

Mars rover

(Spirit, Opportunity, Curiosity,

2003-13)

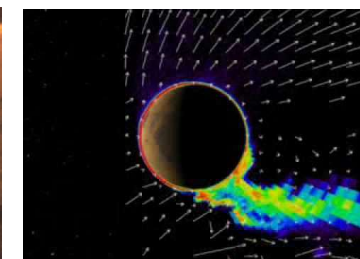


მარსი

ატმოსფერული წნევა ზედაპირზე: **0.5% P_{ატმ}**

MAVEN (*Mars Atmosphere and Volatile Evolution mission*)

მარსის ატმოსფეროს ეროზია მზის ქარით



პლანეტები: იუპიტერი

გაზის გიგანტი

მასა: **317.8 დედამიწა**

ნახევარდღი:

5.2 AU

ექსცენტრისიტეტი:

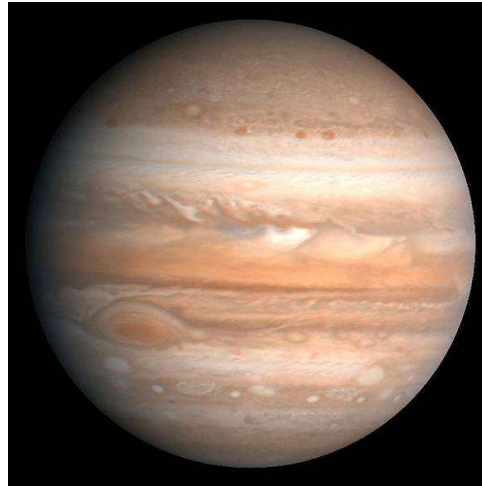
0.048

პერიოდი:

4 331 დღე

დახრის კუთხე

1.3 გრადუსი



პლანეტები: იუპიტერი

ზედაპირული ტემპერატურა

საშუალო: **-108 °C**

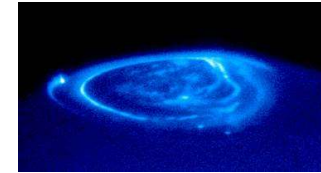
მაგნიტური ველი:

დედამიწაზე 14-ჯერ ძლიერი

ატმოსფერო: H_2 , He

“დიდი წითელი ლაქა”

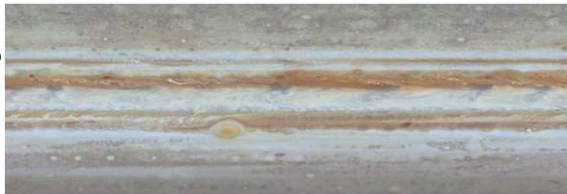
(ატმოსფერული გრიგალი)



პლანეტები: იუპიტერი

ატმოსფერული დინებები

ზონალური
დინებები



ანტიციკლონური
გრიგალები



პლანეტები: იუპიტერი

თანამგზავრები (სულ 66)

გალილეის თანამგზავრები:

Name	IPA	Diameter		Mass		Orbital radius		Orbital period	
		km	%	kg	%	km	%	days	%
Io	'ai.ou	3643	105	8.9×10^{22}	120	421,700	110	1.77	7
Europa	ju'roupa	3122	90	4.8×10^{22}	65	671,034	175	3.55	13
Ganymede	'gænimi : d	5262	150	14.8×10^{22}	200	1,070,412	280	7.15	26
Callisto	kə'listou	4821	140	10.8×10^{22}	150	1,882,709	490	16.69	61



მცირე თანამგზავრების 6 ჯგუფი

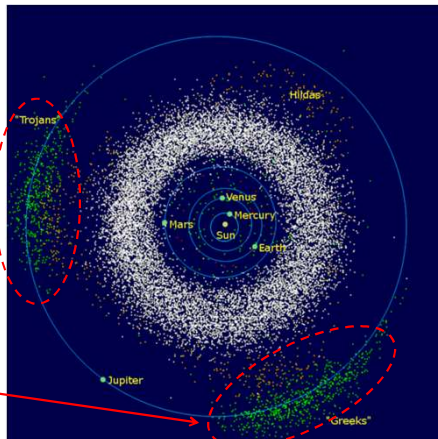
(თემისტები, ჰიმალიები, კარპოები, ანანკები, კარმები, პასიფები)

პლანეტები: იუპიტერი ორბიტალური კომპანიონები

ასტეროიდების
ჯგუფები

ტროელები
L5

ათენელები
L4 (Greeks)



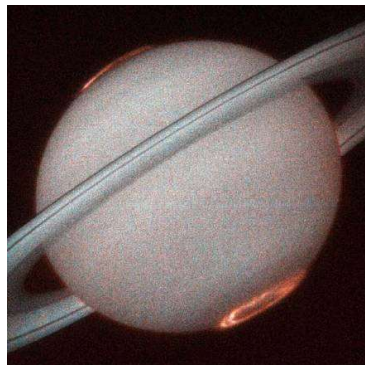
პლანეტები: სატურნი

ზედაპირული ტემპერატურები:
საშუალო: -139°C

ატმოსფერო: H_2 , He

მაგნიტური ველი:
დედამიწაზე ოდნავ სუსტი

ავრორალური ნათება



პლანეტები: სატურნი

მასა: 95.1 დედამიწა

ნახევარღერძი:

9.582 AU

ექსცენტრისიტეტი:

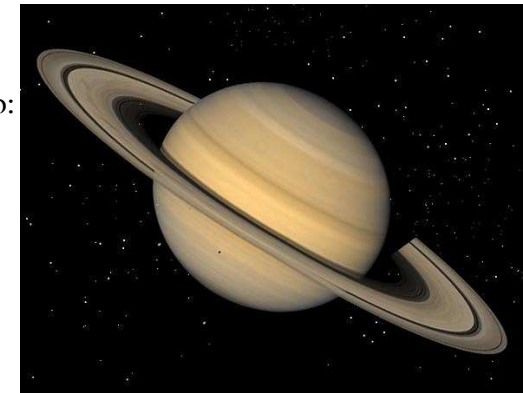
0.055

პერიოდი:

10 759 დღე

დახრის კუთხე

2.48 გრადუსი



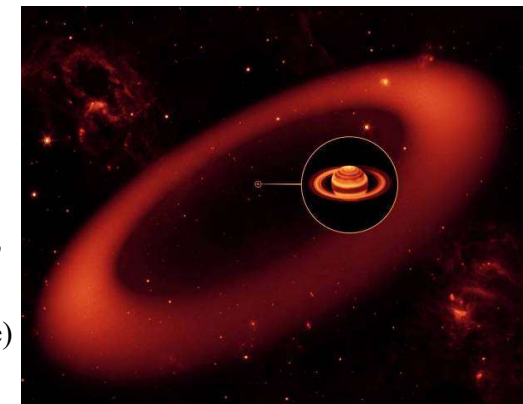
პლანეტები: სატურნი

სატურნის ორბიტა: თანამგზავრები + რგოლები

რგოლები: მცირე ზომის სხეულები და მტვერი (ყინული)

ძირითადი
რგოლი

~200 სატურნის
რადიუსი:
ფოების (Phoebe)
რგოლი (2009)



პლანეტები: სატურნი

თანამგზავრები:

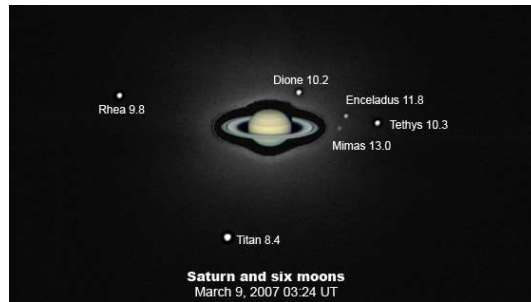
ტიტანი (titan)

თანამგზავრების საერთო მასის 90%

რეა (Rhea)

60 სხვა

თანამგზავრი



პლანეტები: ურანი

ზედაპირული ტემპერატურები:

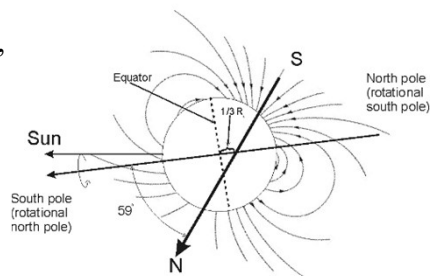
საშუალო: **-197 °C**

შემაღენლობა: **H₂, He,**

მაგნიტური ველი:

ბრუნვის ღერძიდან

გადახრა: 59 გრადუსი



პლანეტები: ურანი

მასა: **14.5 დედამიწა**

ნახევარღერძი:

19.23 AU

ექსცენტრისიტეტი:

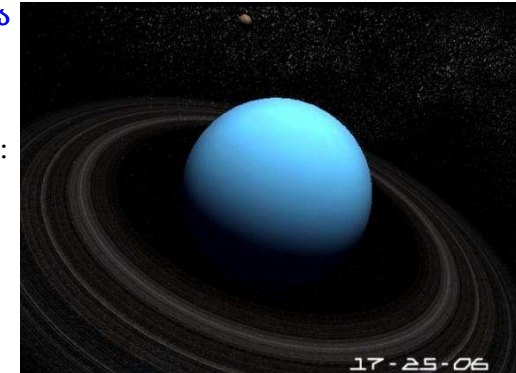
0.044

პერიოდი:

30 799 დღე

დახრის კუთხე

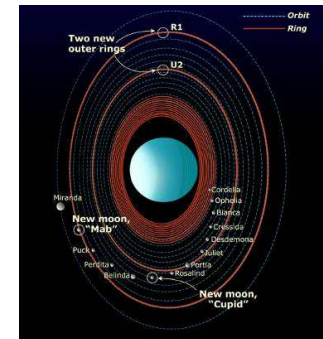
0.77 გრადუსი



პლანეტები: ურანი

თანამგზავრები: **27**

Miranda, Ariel, Umbriel, Titania, Oberon



პლანეტები: ნეპტუნი

მასა: **17 დედამიწა**

ნახევარდღი:

30 AU

ექსცენტრისიტეტი:

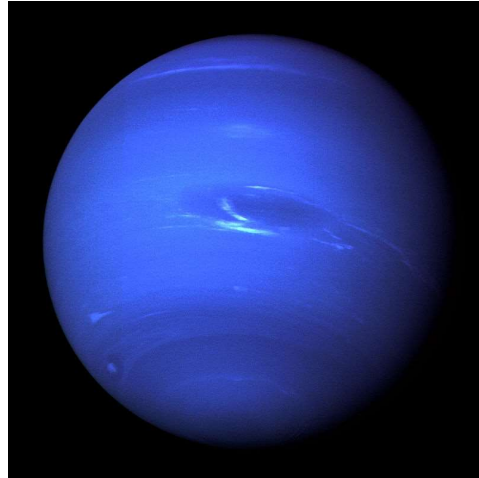
0.011

პერიოდი:

60 190 დღე

დახრის კუთხე

1.767 გრადუსი



პლანეტები: ნეპტუნი

ზედაპირული ტემპერატურები:

საშუალო: **-201 °C (72K)**

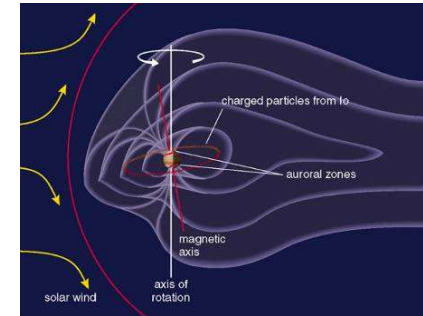
შემადგენლობა: **H₂, He,**

მაგნიტური ველი:

ბრუნვის ღერძიდან

გადახრა: **47 გრადუსი**

კვადრუპოლური ველი



პლანეტები: ნეპტუნი

თანამგზავრები

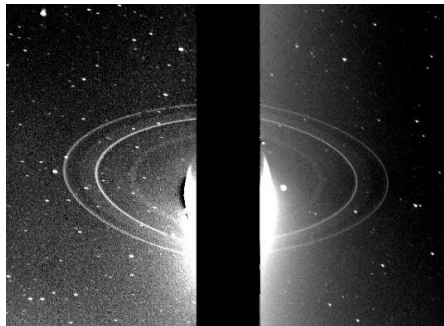
და რგოლები

თანამგზავრები: **13**

ტრიტონი:

რეტროგრადული ორბიტა

ჩაჭერილი ობიექტი?



ნეპტუნს გარე სხეულები: პლუტონი (trans-Neptunian objects)

ჯუჯა-პლანეტა

მასა: **0.002 დედამიწა**

ნახევარდღი:

39.4 AU

ექსცენტრისიტეტი:

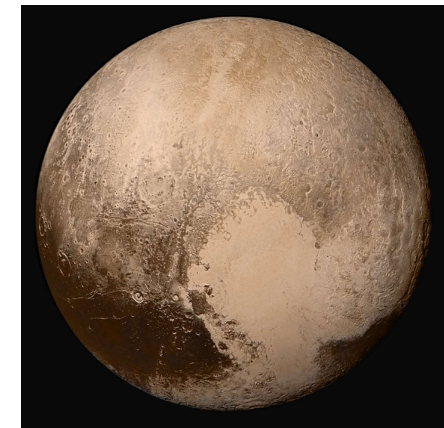
0.248

პერიოდი:

60 613 დღე

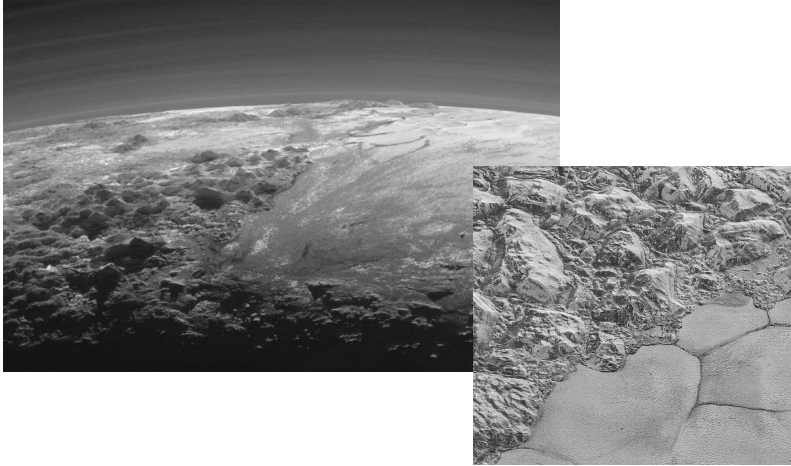
დახრის კუთხე

17.14 გრადუსი



პლუტონი

New Horizons spacecraft (2006-2015)

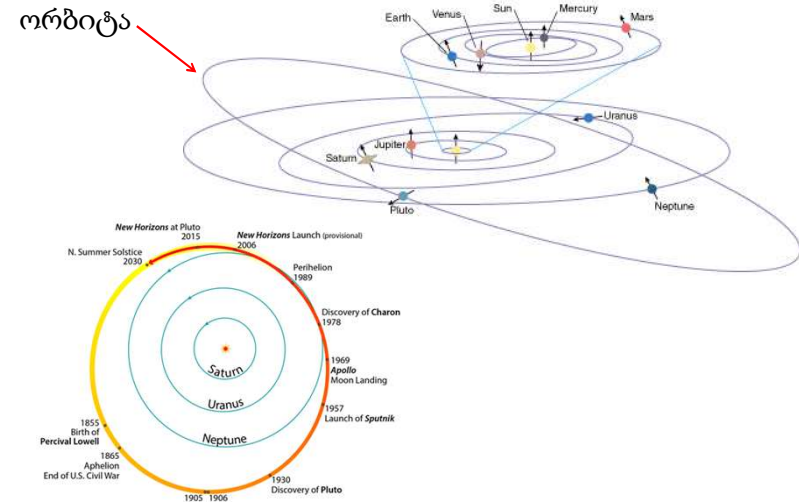


ნეპტუნს გარე სხეულები

ჯუჯა პლანეტები: პლუტონი, ერისი, ხარონი ...



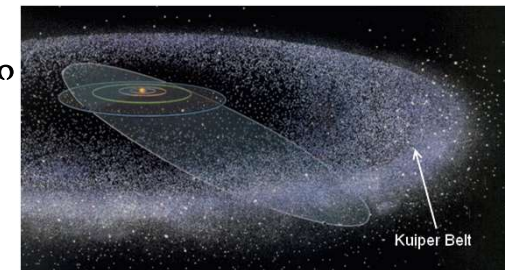
პლუტონი



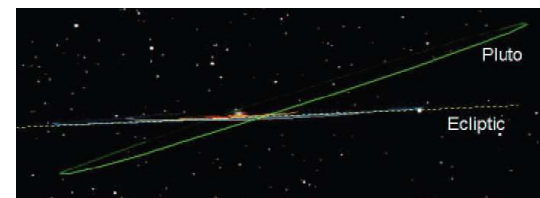
კოიპერის სარტყელი

კოიპერის სარტყელი
(Kuiper belt)

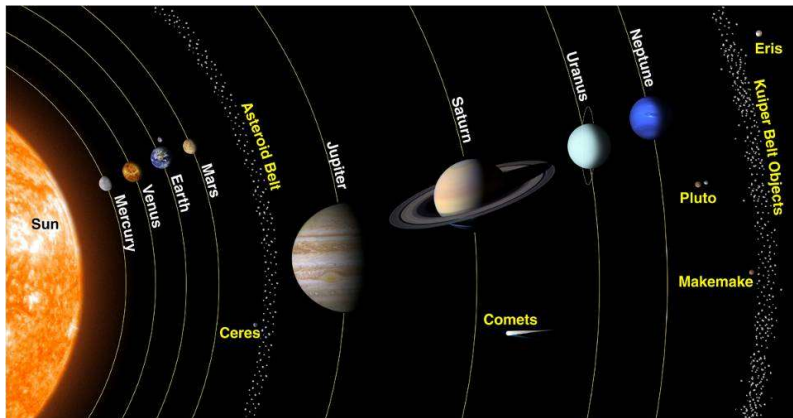
ობიექტების
რაოდენობა: $>10^6$



ეკლიპტიკიდან დახრილი / ექსცენტრული



მზის სისტემა

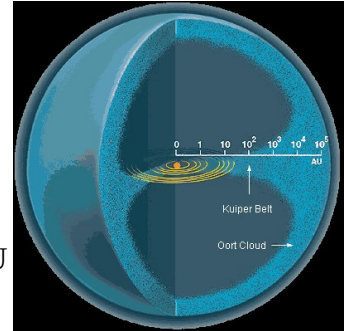


მზის სისტემის პერიფერია

ოორტის ღრუბელი

კომეტები
გაწელილი ექსცენტრული
ორბიტები

სფერული ღრუბელი? $\gg 100\text{AU}$



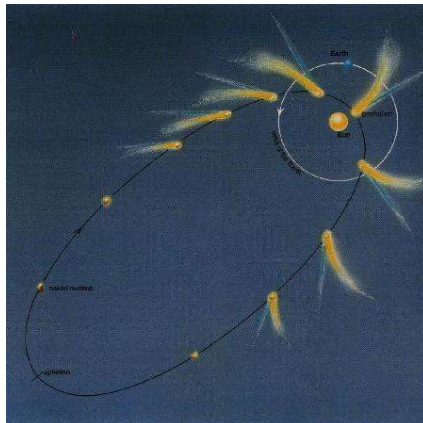
კომეტის კუდი: მზის ქარის მიმართულება



კომეტები

დამზერა: მზესთან ახლოს

კუდის მიმართულება:
მზის ქარი

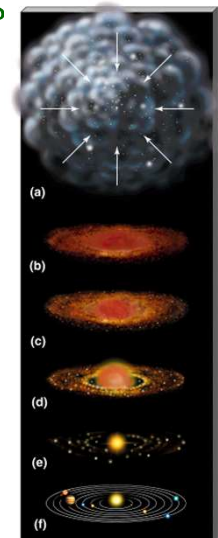


პლანეტების ფორმირება

საწყისი სფერული ღრუბელის
შეკუმშვა თვითგრაფიტაციის გამო
და პროტოპლანეტური დისკის
ფორმირება

პლანეტების ჩანასახების
გაჩენა

ნარჩენი გაზის პლანეტებზე
დალექვა (აკრეცია)

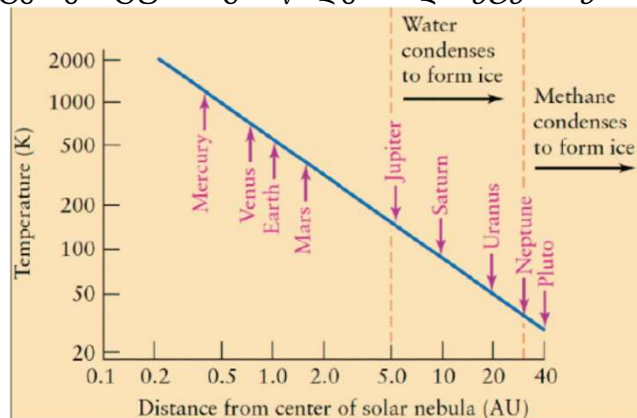


პროტოპლანეტური დისკი



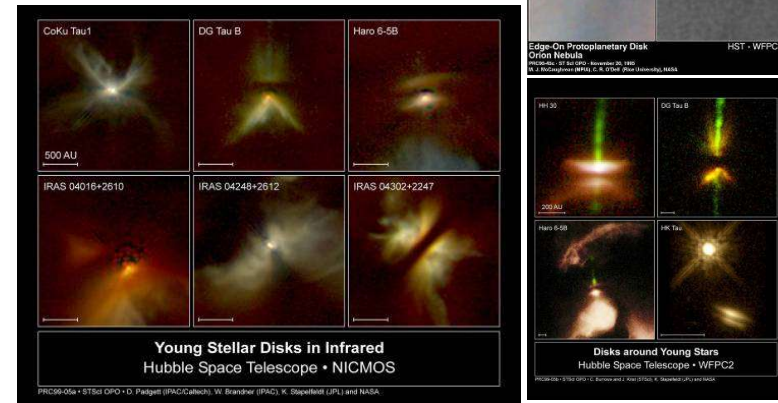
პლანეტების ფორმირება

ტემპერატურის განაწილება: პლანეტების ქიმია



პროტოპლანეტარული დისკები

პლანეტების წარმოშობის არეები



არამზიური პლანეტები (exoplanets)

მზის გარე ვარსკვლავების ირგვლივ არსებული პლანეტები

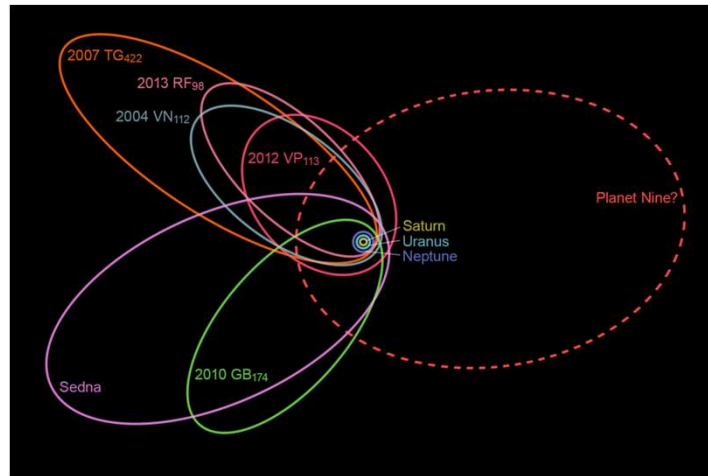
დღეისათვის აღმოჩენილია: 4035 პლანეტა

ტიპები:

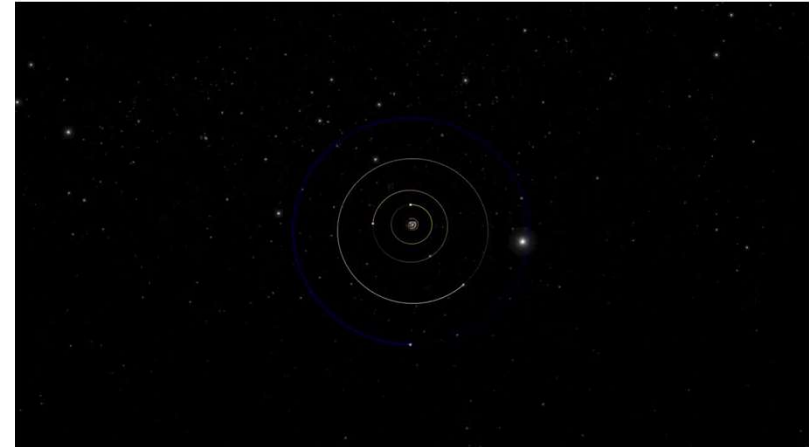
- გიგანტები
- ცხელი გიგანტები
- სუპერდედამიწები



მე-9 პლანეტა?



მე-9 პლანეტა?



www.tevza.org/home/course/universe2019

J. Hester, B. Smith, G. Blumenthal, L. Kay, H. Voss, “21st Century Astronomy” (2010)

ქვეთავები 7.1, 8.3, 8.4, 8.5, 9.1, 9.2, 9.3,
11.1, 12.1, 12.2, 12.4, 12.8,

B. W. Carroll and D. A. Ostlie, “An introduction to modern astrophysics” (2007)

ქვეთავები 19.1-3 (გვ. 714–719)
22.1–2 (გვ. 813–817)