

Тема 5. Химия планетных тел

В составе Солнечной системы выделяются:

1. Солнце

2. Планеты:

- планеты земной группы

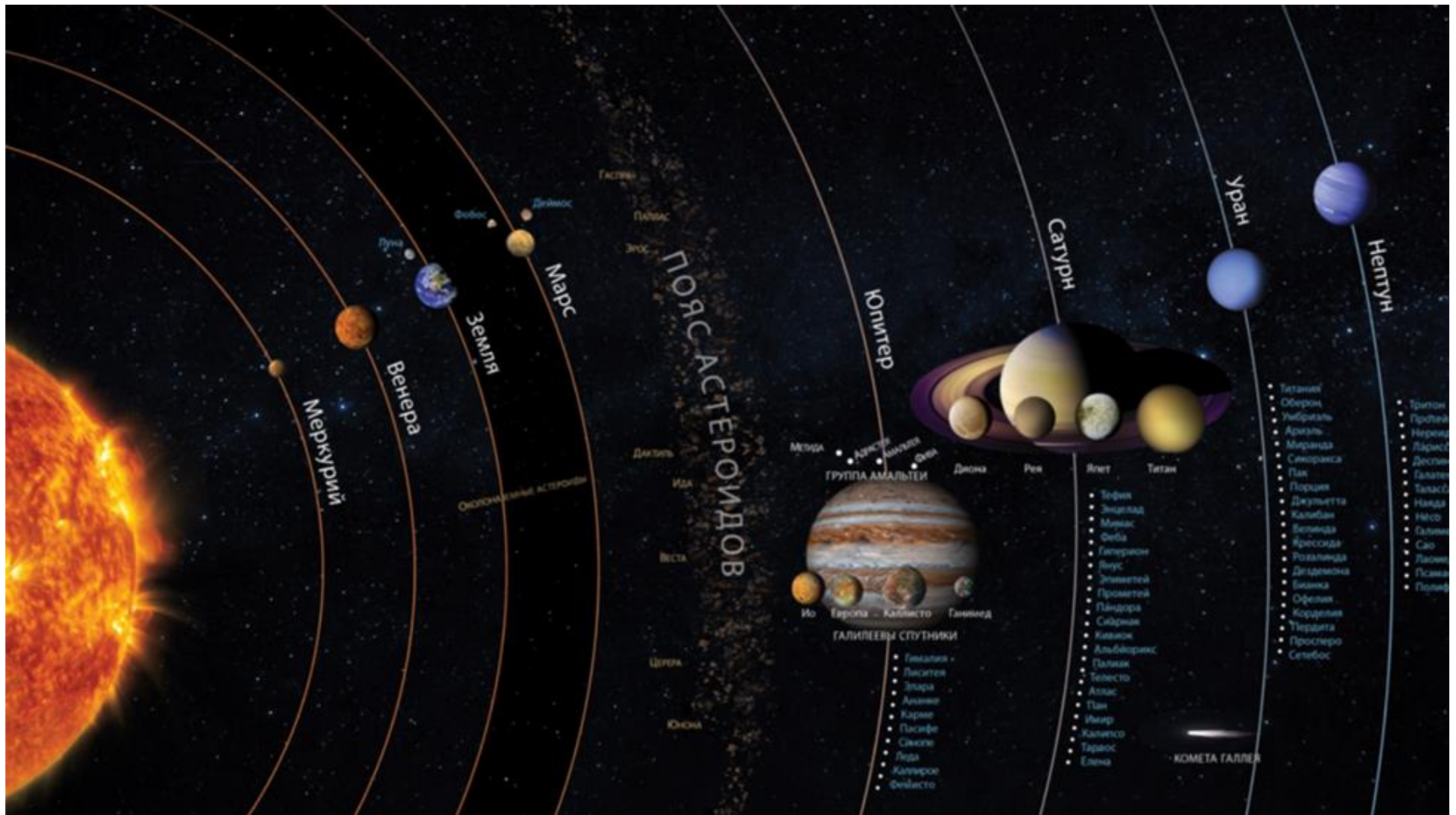
- планеты – гиганты

- карликовые планеты (Церера, Плутон, Хаумеа и др.)

3. Астероиды (пояс астероидов и группы астероидов)

4. Кометы

5. Метеориты

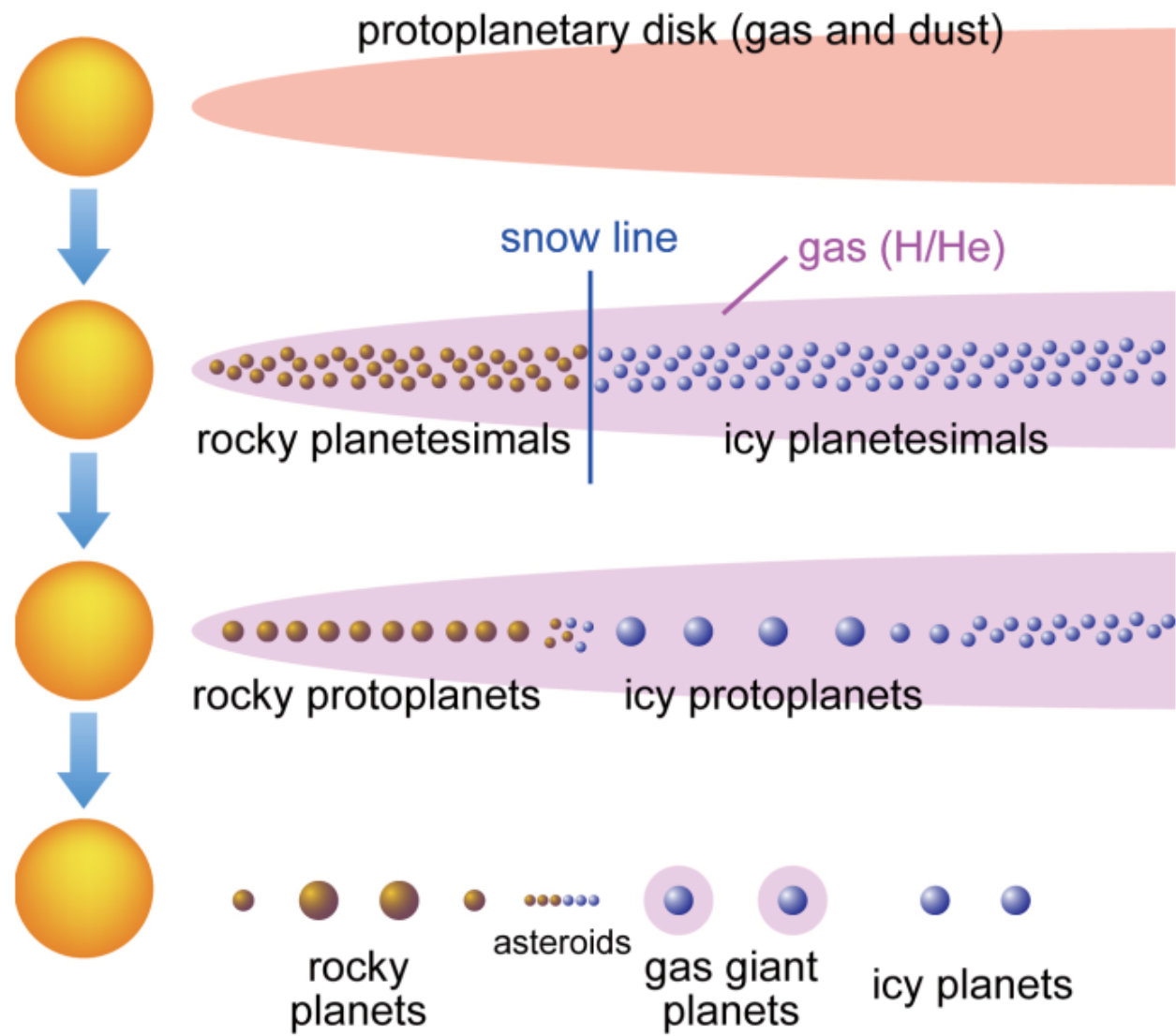


Планеты Солнечной системы

Отличия планет – гигантов от планет земной группы

- большие массы (Юпитер – 318 земных масс)
- мощные атмосферы (состав H_2 -He- CH_4 - NH_3 -...)
- многочисленные спутники и кольца

Вероятная причина отличий – образование из конденсатов внешней части протопланетного облака – более холодной и обогащенной летучими компонентами.



Различия в последовательности формирования планет земной группы («каменных») и планет – «газовых гигантов». По [Genda, 2016].

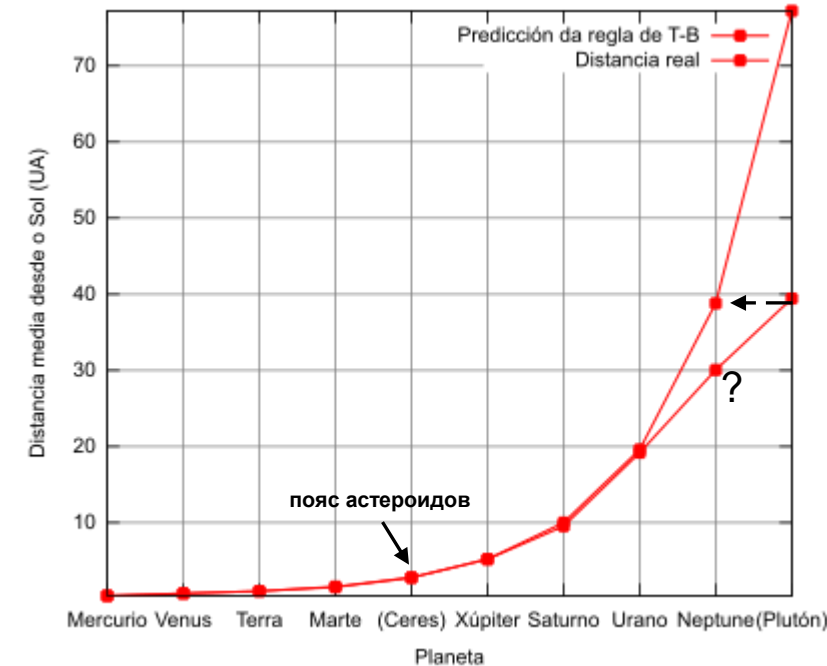
Закономерное расположение планет в Солнечной системе (правило Тициуса – Бодде, 1766)

$$R_i = 0.4 + 0.3 \times 2^i,$$

где R_i – радиус орбиты в астрономических единицах ($\equiv R$ Земли), нумерация по i идет от Венеры ($i=0$, Земля $i=1$ и т.д.; у Меркурия $R=0,4$).

На месте планеты с $i=3$ находится пояс астероидов. Нептун не подчиняется правилу, на его месте ($i=7$) находится Плутон ($i=8$).

Правило Тициуса – Бодде выполняется также для спутников планет-гигантов и даже для экзопланет.



Вероятная причина закономерного расположения планет – возникновение гравитационного орбитального резонанса при их формировании из протопланетного облака.

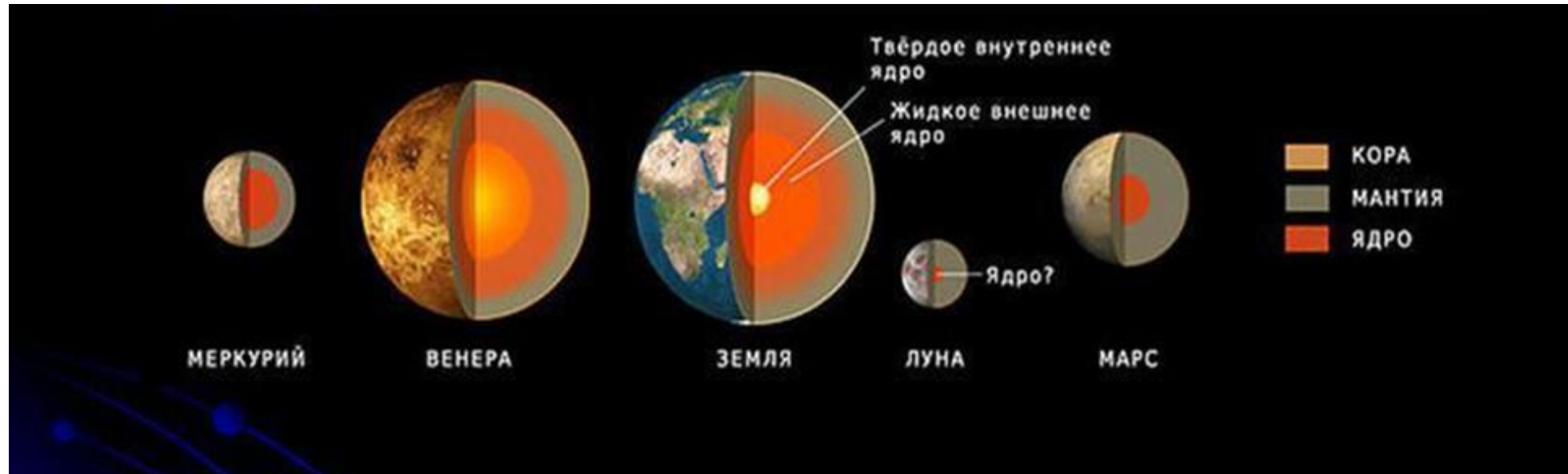
Свойства планет земной группы

Параметр	Меркурий	Венера	Земля	Луна	Марс
Радиус (З ≡ 1)	0,382	0,949	≡ 1	0,272	0,532
Объем (З ≡ 1)	0,06	0,87	≡ 1	0,02	0,15
Масса (З ≡ 1)	0,055	0,816	≡ 1	0,012	0,107
Ср. плотность, г/см ³	5,43	5,24	5,52	3,35	3,95
Массовая доля ядра, %	~60	~30	32,3	< 6	19
Преобладающие породы коры	базальты (?)	базальты (?)	базальты, граниты	анортозиты базальты	основные
Атмосфера	–	93% CO ₂ , 3,5% N ₂ , 70 бар	78% N ₂ , 21% O ₂ , 1 бар	–	CO ₂ , 0,05 бар
Гидросфера	–	–	+	–	?
Биосфера	–	–	+	–	?

Свойства планет земной группы

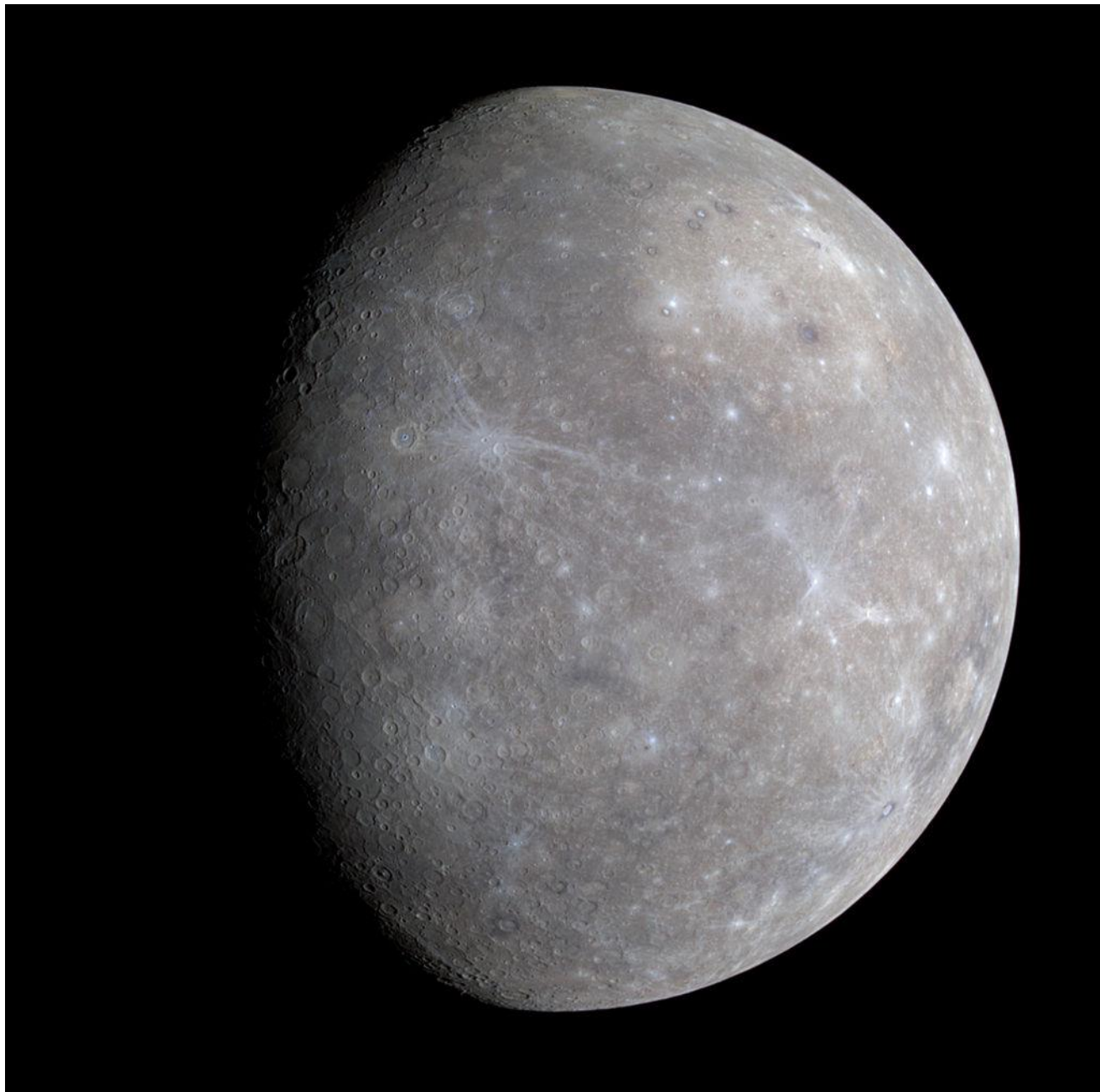
Параметр	Меркурий	Венера	Земля	Луна	Марс
Радиус (З ≡ 1)	0,382	0,949	≡ 1	0,272	0,532
Объем (З ≡ 1)	0,06	0,87	≡ 1	0,02	0,15
Масса (З ≡ 1)	0,055	0,816	≡ 1	0,012	0,107
Ср. плотность, г/см ³	5,43	5,24	5,52	3,35	3,95
Массовая доля ядра, %	~60	~30	32,3	< 6	19
Преобладающие породы коры	базальты (?)	базальты (?)	базальты, граниты	анортозиты базальты	основные
Атмосфера	–	93% CO ₂ , 3,5% N ₂ , 70 бар	78% N ₂ , 21% O ₂ , 1 бар	–	CO ₂ , 0,05 бар
Гидросфера	–	–	+	–	?
Биосфера	–	–	+	–	?

Главное свойство внутреннего строения планет земной группы – расслоенность на оболочки разной плотности, наличие очень плотного (металлического) ядра.



Свойства планет земной группы

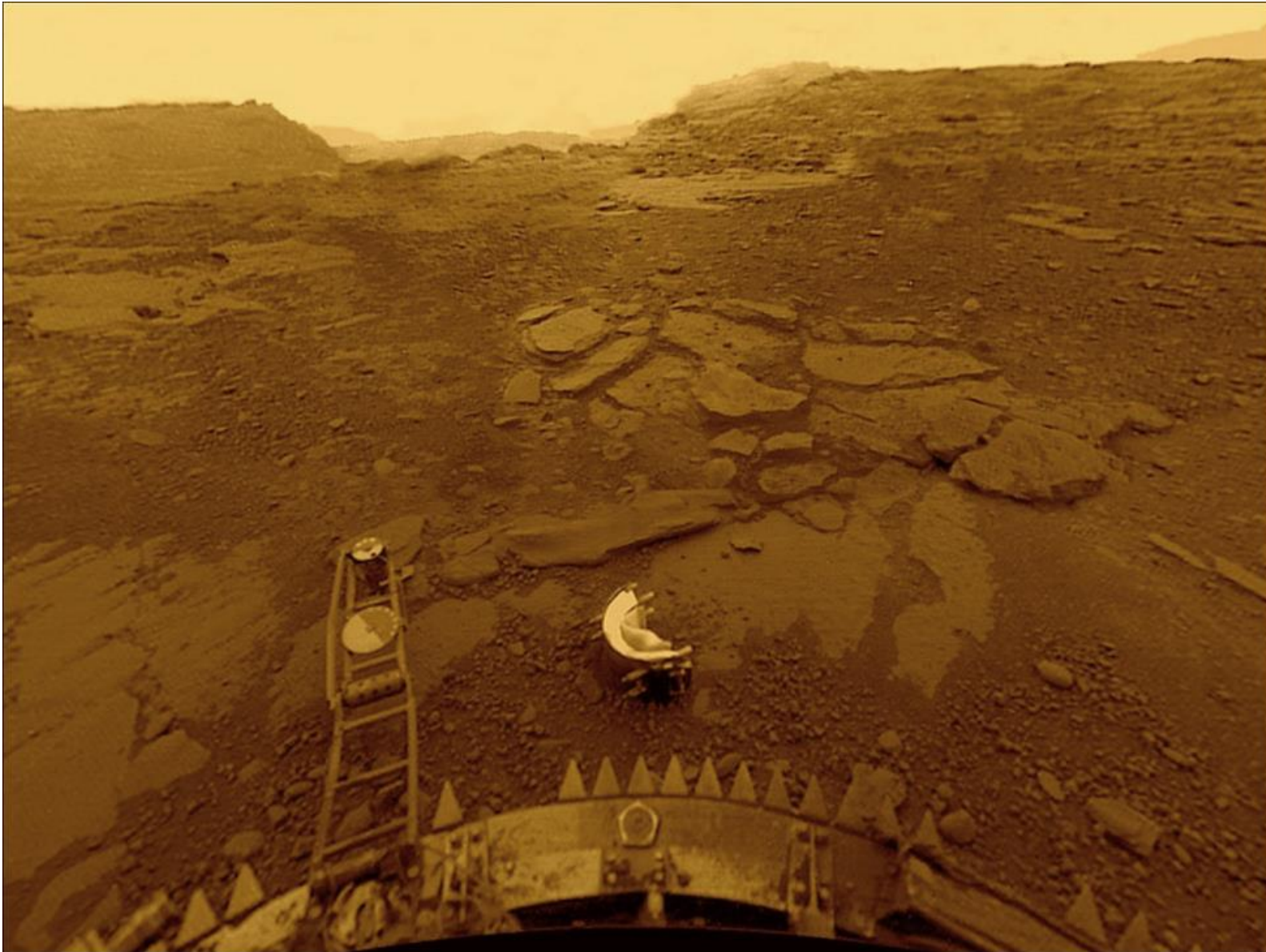
Параметр	Меркурий	Венера	Земля	Луна	Марс
Радиус (З ≡ 1)	0,382	0,949	≡ 1	0,272	0,532
Объем (З ≡ 1)	0,06	0,87	≡ 1	0,02	0,15
Масса (З ≡ 1)	0,055	0,816	≡ 1	0,012	0,107
Ср. плотность, г/см ³	5,43	5,24	5,52	3,35	3,95
Массовая доля ядра, %	~60	~30	32,3	< 6	19
Преобладающие породы коры	базальты (?)	базальты (?)	базальты, граниты	анортозиты базальты	основные
Атмосфера	–	93% CO ₂ , 3,5% N ₂ , 70 бар	78% N ₂ , 21% O ₂ , 1 бар	–	CO ₂ , 0,05 бар
Гидросфера	–	–	+	–	?
Биосфера	–	–	+	–	?



Меркурий.

Фото с космического зонда
MESSENGER.

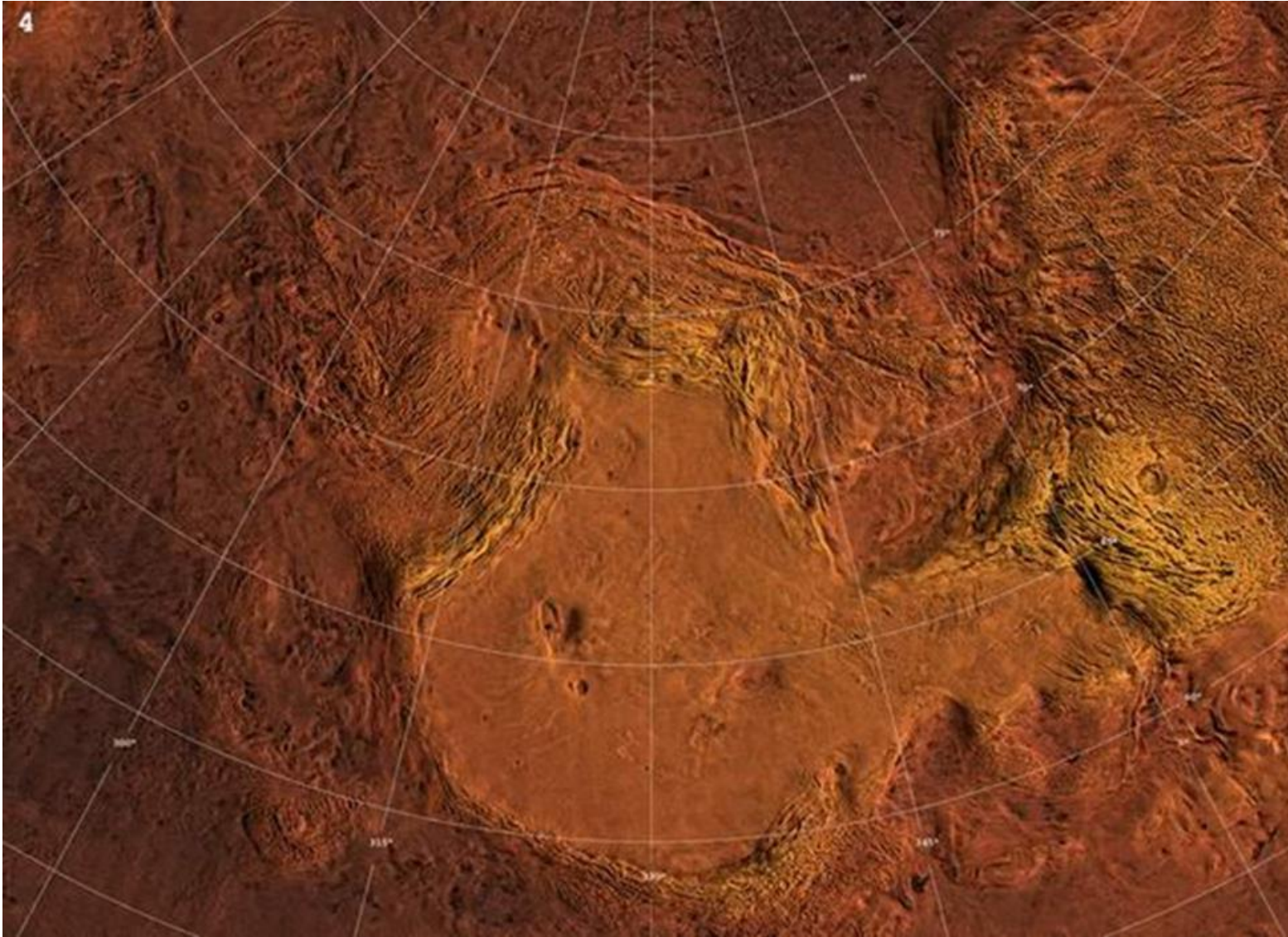
.



Поверхность Венеры

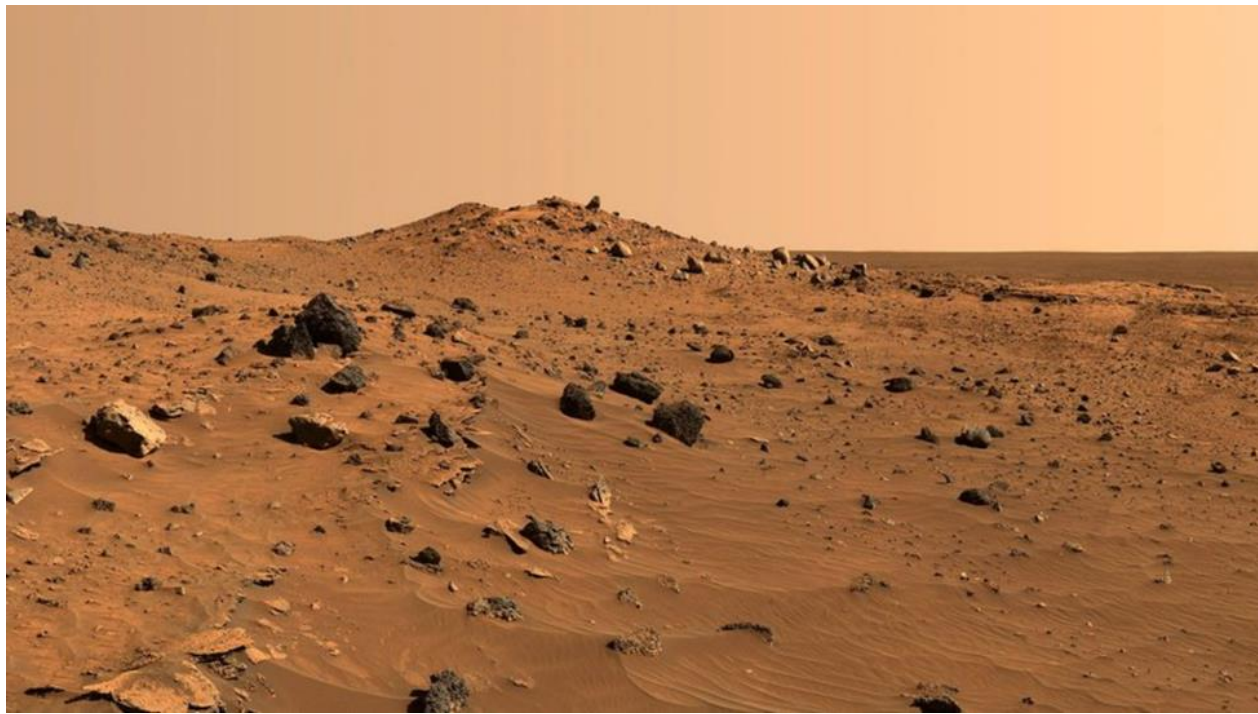
Фото межпланетной
станции «Венера-13».

.



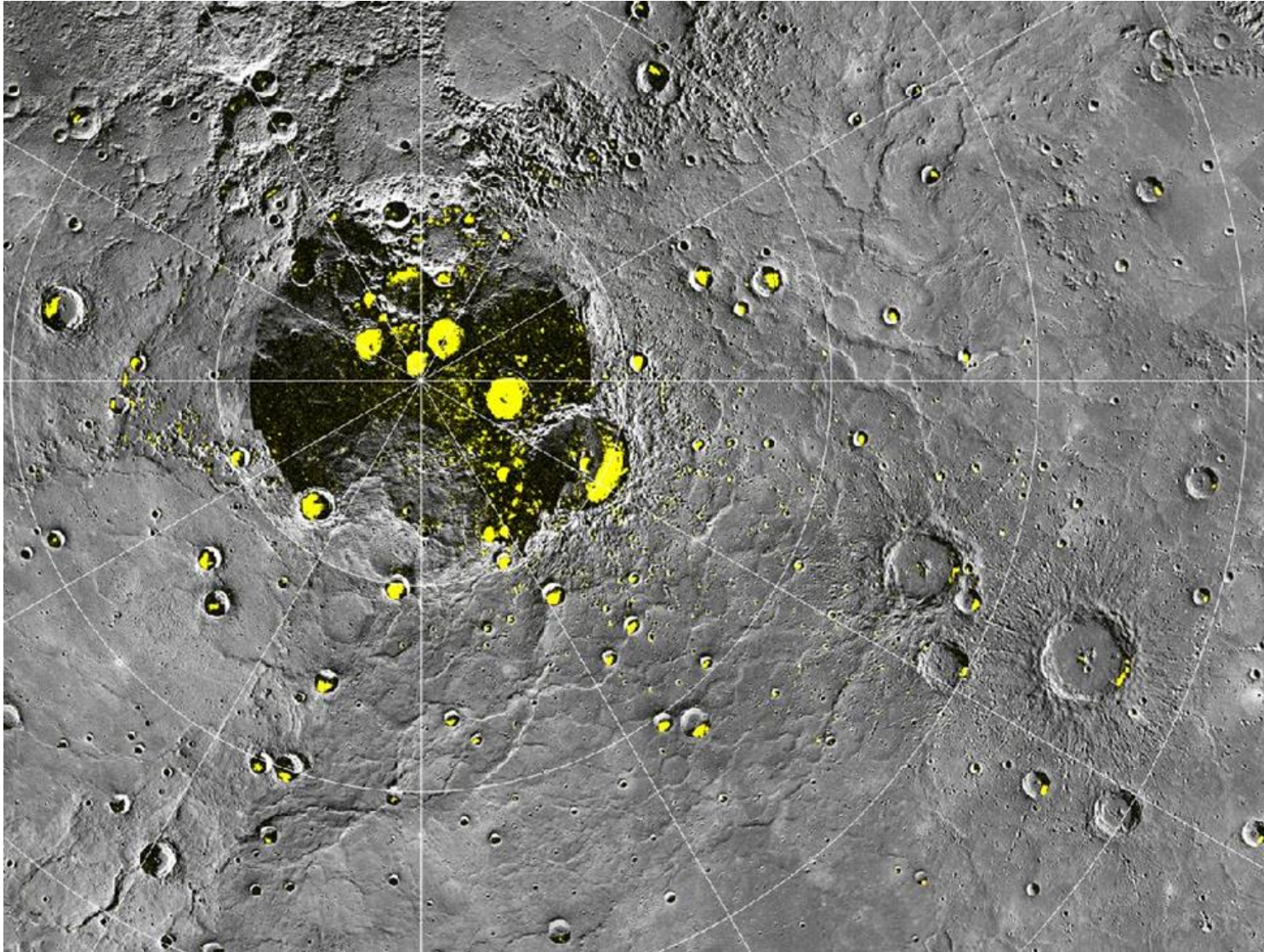
Рельеф поверхности Венеры

Реконструкция по данным
радарного картирования.



Фотографии
поверхности
Марса





Радиолокационное
изображение льда
в кратерах
приполярной
области Меркурия.

Данные космического
зонда MESSENGER.



«Каналы» на
поверхности
Марса.

Природа разделения на две главные по массе оболочки – ядро и мантию.



Разделение изначально однородной планеты в ходе ее эволюции (гипотеза гомогенной аккреции)

Планета сразу формируется неоднородной – с металлическим ядром (гипотеза гетерогенной аккреции)

	Гомогенная аккреция	Гетерогенная аккреция
Процесс, требующий объяснения	Рост очень плотного ядра внутри планеты сопровождается уменьшением потенциальной энергии системы и эквивалентным выделением тепла. Это может привести к расплавлению планеты и ее очень быстрой дифференциации, чего не наблюдается.	Надо объяснить рост существенно неоднородной планеты из протопланетного облака с хаотическим движением фрагментов.
Способы объяснения	Масштабы разогрева определяются темпом роста ядра внутри планеты. Он неизвестен. В рамках существующих моделей получить определенный результат не удается.	Причина в различии механических и магнитных свойств каменного и железного материала протопланетного облака. Металлические частицы лучше объединяются (слипаются) на ранних стадиях роста планетезималей из протопланетного облака, когда гравитационное притяжение еще неэффективно.

