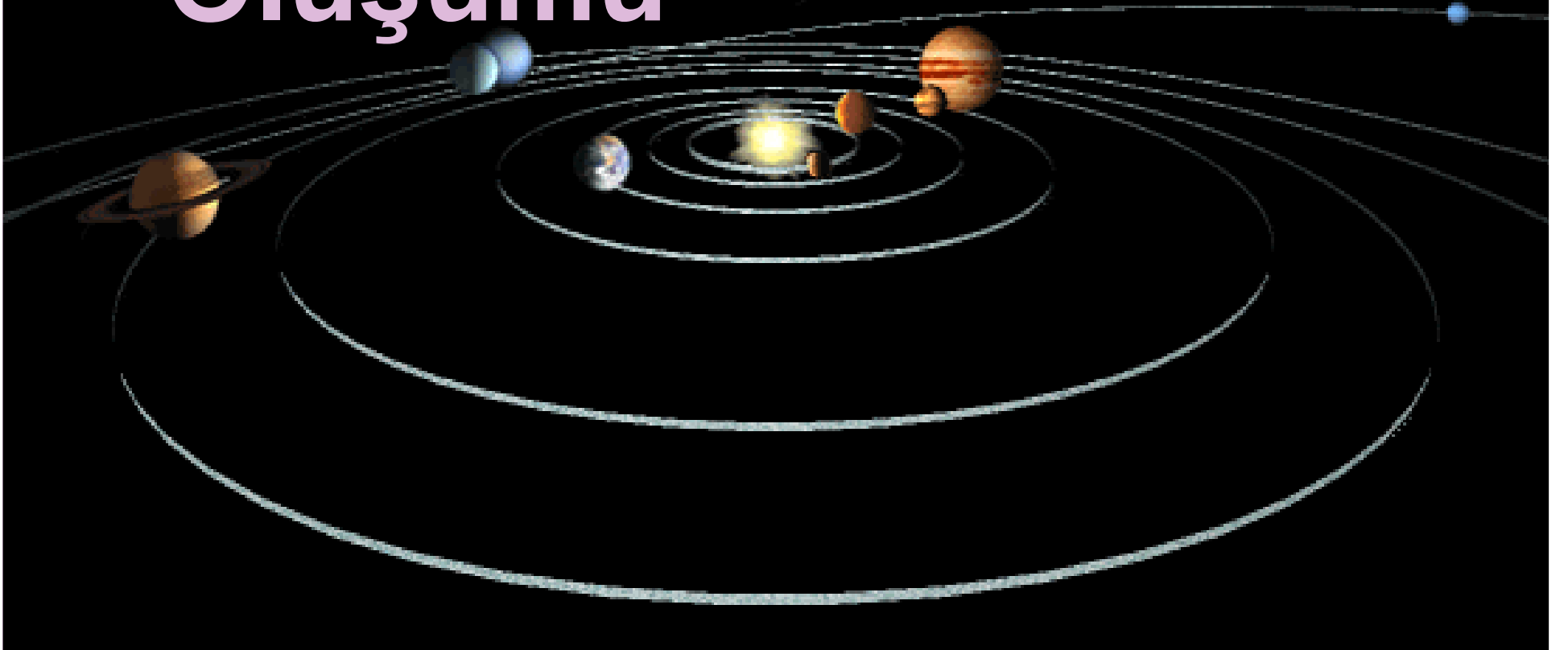


## Bölüm 6

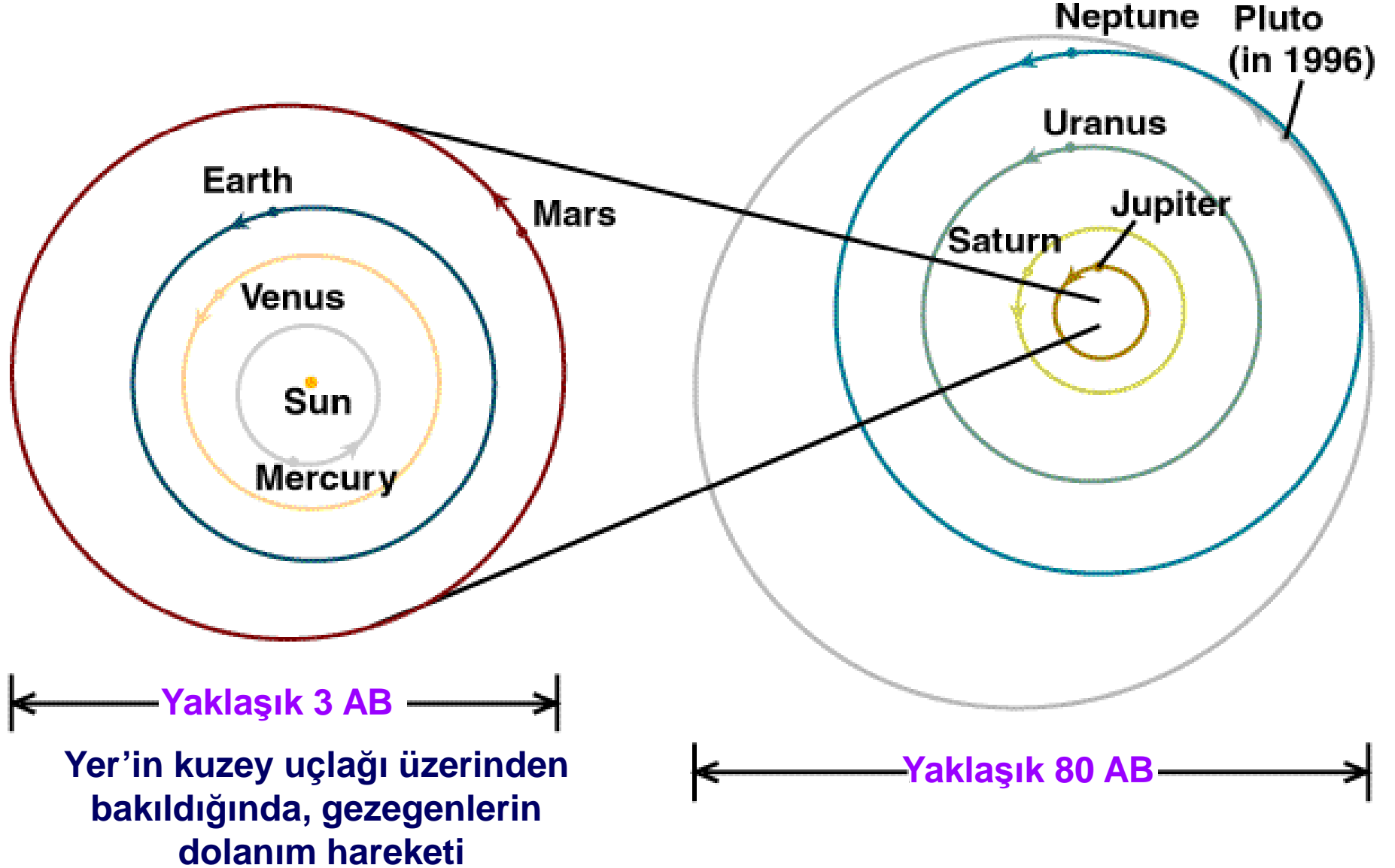
# Güneş Sisteminin Oluşumu



# Gezenbilim (Planetology)

Gezenler, uydular, asteroidler ve kuyruklu yıldızlar arasındaki benzerlikleri ve farkları araştırarak, güneş sistemimizi bir bütün olarak anlamamızı sağlar.

# Güneş sisteminin üstten görünüşü



# Güneş Sisteminin Kökeni: Dört Sav

- Hareketin Biçimi
- Gezegenleri Sınıflama
- Küçük Gezegenler, Asteroidler,  
ve Kuyruklu Yıldızlar
- Kurallara uymayanlar

# Sav 1: Hareketin Biçimi

- Tüm gezegenler Güneş etrafında, Yer'in kuzey uçlağından bakıldığında, saatin dönme yönünün ters yönünde (counterclockwise) olmak üzere aynı yönde dolanırlar.
- Tüm gezegen yörüngeleri yaklaşık aynı düzlem içindedir.
- Tüm gezegenler hemen hemen dairesel yörüngeler üzerinde dolanırlar. Gezegen yörüngeleri arasındaki boşluk Güneş'ten olan uzaklıklarına göre düzgün artar.

- **Gezegelerin çoğu, yörüngelerindeki gibi Yer'in kuzey uçlağından bakıldığında saatin dönme yönünün ters yönünde olmak üzere, küçük bir eksen eğikliğiyle (yani  $< 25^\circ$ ) aynı yönde döner.**
- **Hemen hemen tüm uydular gezegenlerinin etrafında, gezegeninin eşlek düzlemi içinde kalmak üzere, aynı yönde dolanır.**
- **Güneş, gezegenlerin dolanım yönüyle aynı yönde döner.**

## Sav 2: Gezegenleri Sınıflama

<b>Özellik</b>	<b>Yer Benzeri Gezegenler</b>	<b>Dev Gaz Gezegenler</b>
Güneş'ten uzaklık	Yakın	Uzak
Boyut	Küçük	Büyük
Kütle	Küçük	Büyük
Yüzey	Katı	Güneş benzeri
Yoğunluk	Yüksek	Düşük
Uydu, halka	Bir-iki, yok	Çok, var
Dönme Hızı	Yavaş	Hızlı

- Yer-Benzeri Gezegenler

*(Terrestrial Planets veya Earth-like planets)*

**Merkür, Venüs, Yer ve Mars**

- Dev Gaz Gezegenler

*(Jovian Planets veya Jupiter-like planets)*

**Jüpiter, Satürn, Uranüs ve Neptün**



- Güneş sistemi oluşumunun herhangi bir kuramı için ikinci sav, gezegenlerin iç ve dış gezegenler gibi neden iki ayrı grupta toplandığını açıklamak olacaktır.
- Yer benzeri gezegenler
- Dev gaz gezegenler

# Sav 3

- Bir kuramın tamamlanabilmesi için, asteroidler ve kuyruklu yıldızlar mutlaka bu kuramın içinde olmalıdır.
- Asteroidler, büyük oranda asteroid kuşağı içinde bulunan, Güneş etrafında dolanan küçük, kaya cisimlerdir.
- Kuyruklu yıldızlar (comets), yaşamlarının büyük çoğunluğunu Pluto'nun ötesinde (Oort Bulutu içinde) geçiren küçük, buz yapılarıdır.
- İç güneş sistemini çok seyrek ziyaret ederler.

- Kuyruklu yıldızlar bugünkü bilgimize göre iki ayrı bölgede bulunarak Güneş etrafında dolanırlar.
- **Kuiper Kuşağı** (The Kuiper Belt):  
(Neptün'ün yakınlarında başlar, ~ 30 AB).
- **Oort Bulutu** (The Oort Cloud):  
Güneş merkezli ve belki de en yakın yıldızın yarı yoluna kadar genişleyen büyük küresel bölge.

- Güneş sistemi oluşumunun herhangi bir kuramı için üçüncü sav, çok fazla bulunan asteroid ve kuyruklu yıldız varlığını ve genel özelliklerini açıklamalıdır.
- Bunların sayısı neden çok fazla?
- Nasıl oluştu?

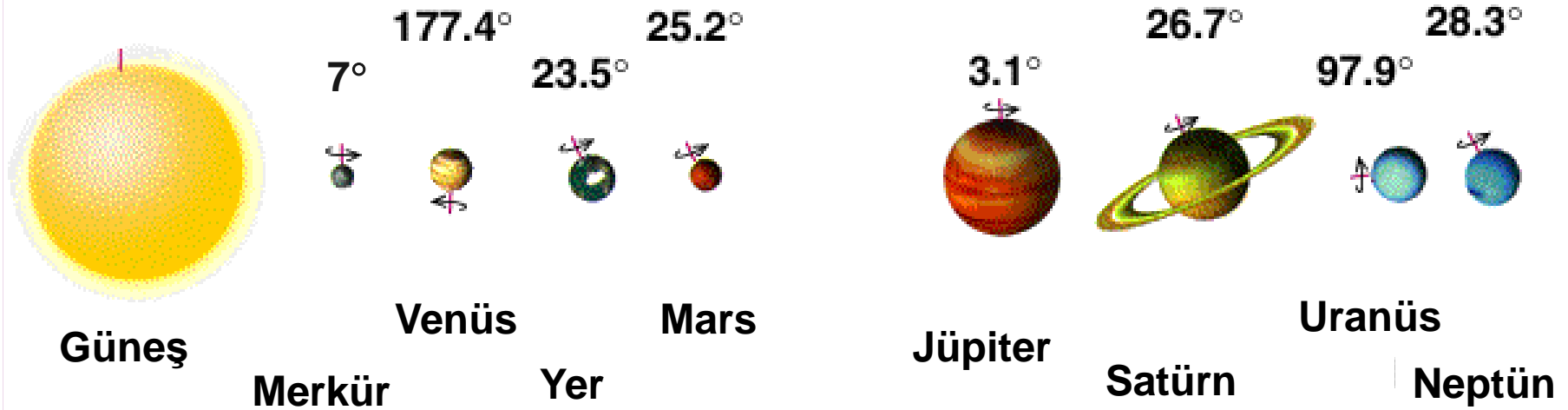
# Sav 4:

## Kurallara uymayanlar

### Bazı cisimler kurallara uymazlar

- Merkür daha basık (eccentric) yörüngede dolanır.
- Uranüs'ün dönme eksenini çok eğiktir.
- Venüs ters yönde (backwards) döner.

# Gezegenerin dönme eksenini eğiklik dereceleri



# Güneş Sisteminin Dört Büyük Özelliği

- 1) Güneş sistemindeki büyük cisimler düzgün hareketlere sahiptir.
- 2) Gezegenler iki ana gruba ayrılır:
  - Küçük, katı, Yer benzeri gezegenler.
  - Büyük, hidrojen zengin, dev gaz gezegenler.
- 3) Güneş sistemi içinde bir asteroid ve kuyruklu yıldız topluluğu vardır.
- 4) Genel eğilimlere uymayan dikkat çekici özellikler vardır:
  - Dönme eksen eğimi çok büyük olan gezegenler veya çevresinde çok büyük uydular olan gezegenler.
  - Yörüngeleri diğerlerinden farklı olan uydular.

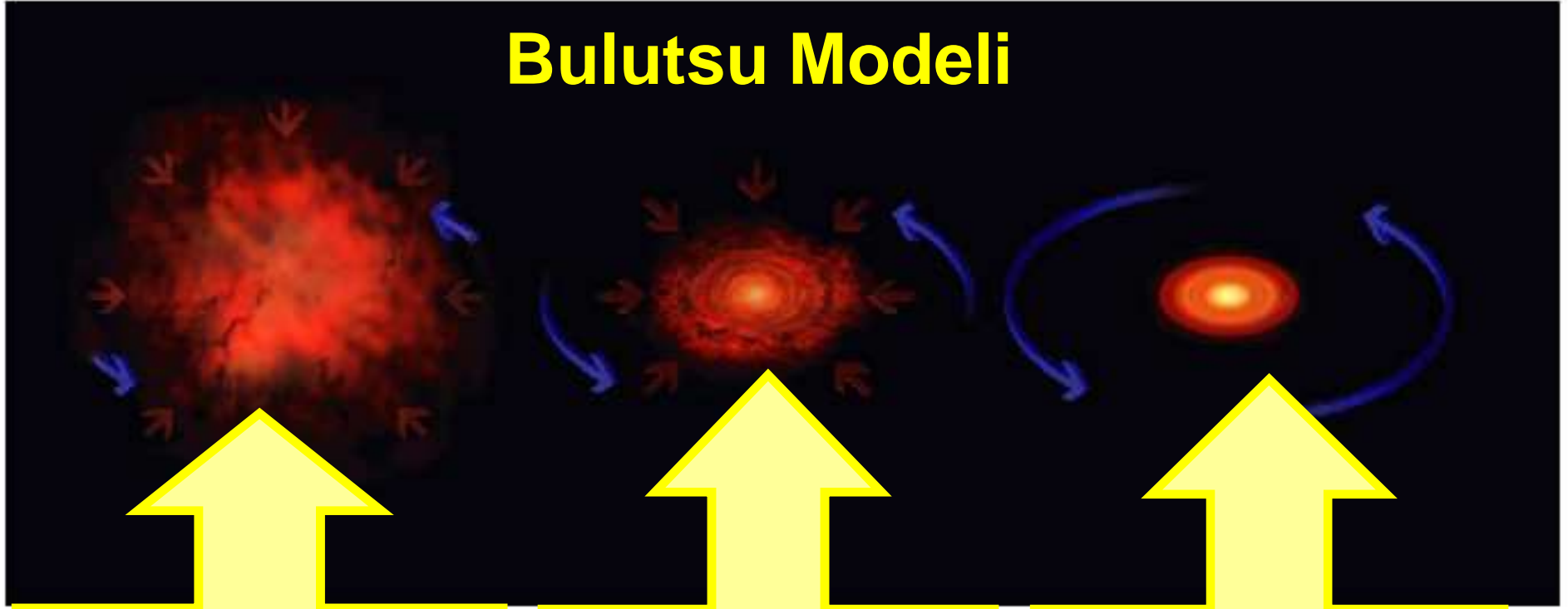
# Bulutsu Kuramı

## (The Nebular Theory)

- Son 50 yıldır elde edilen delillerin büyük miktarı, bir modeli destekler yöndedir.
- Bu model **Bulutsu Kuramı**'dır.
- Bu kurama göre; Güneş sistemi, girdap gibi dönen dev bir yıldızlararası gaz ve toz buluttan oluştu.



# Bulutsu Modeli

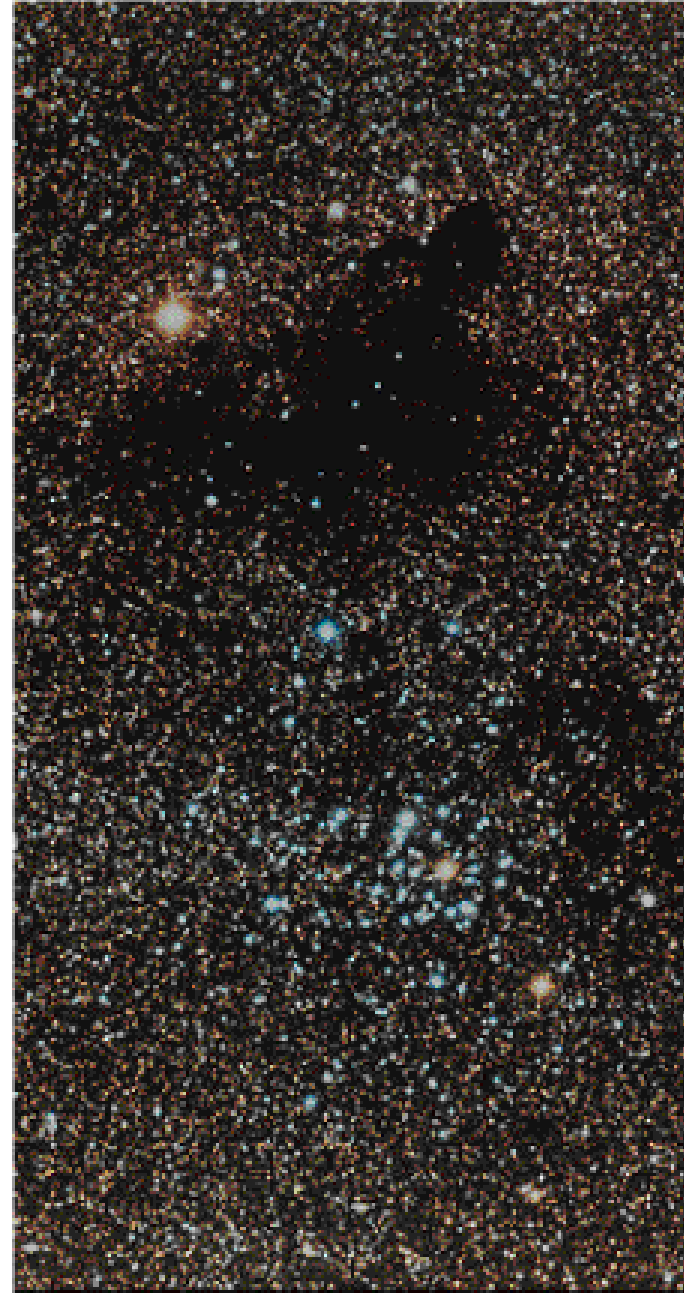


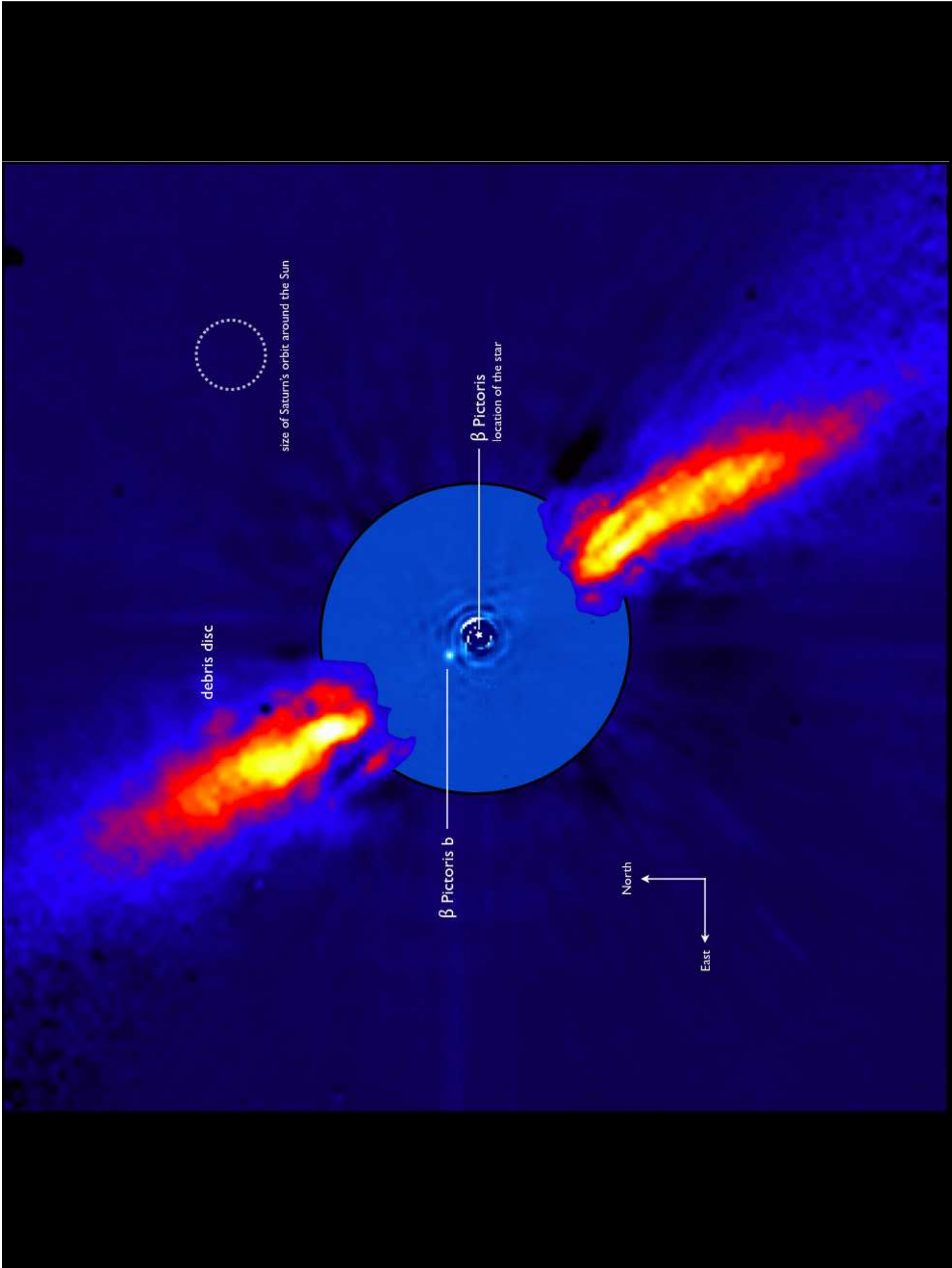
İlkel bulut,  
küçük bir dönme  
hızına sahip,  
büyük ve  
yayılmış idi

Bulut, ısındı ve  
daha hızlı  
dönmeye  
başladı.  
Büzüldükçe  
daha da hızlandı

Bu dönmenin  
sonucunda,  
basıklaştı ve  
merkezde kütle  
yoğunlaştı

# Yıldızlararası gaz ve toz bulut









# Gezegelerin Oluşumu

- YOĞUNLAŞMA, bir gaz buluttan katı veya sıvı parçacıkların oluşumudur.

Güneş bulutsusu (solar nebula) karışımındaki maddelerin herbiri yoğunlaşma sıcaklıklarına göre dört ayrı grupta toplanır:

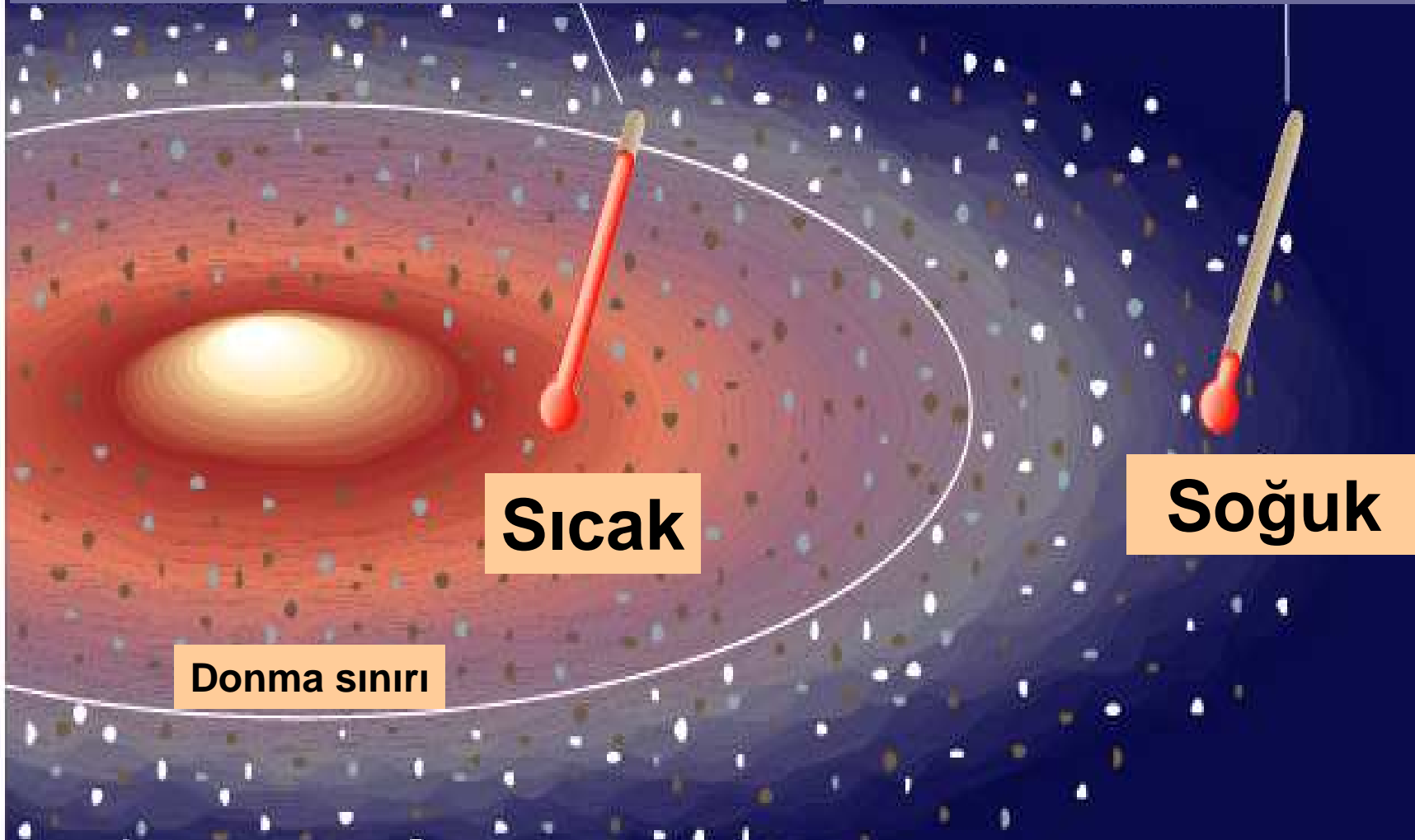
- Metaller
- Kayalar
- Hidrojen bileşikleri
- Hafif gazlar

## Güneş Bulutsusunda Bulunan Maddeler

	Metal	Kaya	Hidrojen Bileşikleri	Hafif Gazlar
Örnekler	 Demir, Nikel, Aluminyum	 Silikat	 su ( $H_2O$ ) metan ( $CH_4$ ) amonyak ( $NH_3$ )	 Hidrojen, helyum
Yoğunlaşma sıcaklığı	1,000– 1,600 K	500– 1,300 K	<150 K	Bulutsuda yoğunlaşma olmaz
Görelî bolluk	▪ (0.2%)	▪ (0.4%)	▪ (1.4%)	■ (98%)

Kayalar ve metaller yoğunlaşır,  
hidrojen bileşikleri buharlaşır

Hidrojen bileşikleri, kayalar  
ve metaller yoğunlaşır



Donma sınırı

Sıcak

Soğuk

## Güneş Bulutsusundaki Sıcaklık Farkları

- Metaller: Çoğunlukla Demir, Nikel, Alüminyum
- Kayalar: Yeryüzündeki maddeler, silikatlar.
- Hidrojen Bileşikleri: 150K altında buza dönüşen, metan ( $\text{CH}_4$ ), amonyak ( $\text{NH}_3$ ), ve su ( $\text{H}_2\text{O}$ ) gibi bileşikler.
- Hafif Gazlar: Hidrojen ve helyum, güneş bulutsusu koşulları altında asla yoğunlaşmaz.




# Gezegensimsi yapıların toplanması (Accretion)

- Çarpışma ve yapışma yoluyla olan büyüme işlemi “**toplanma**” olarak adlandırılır.
- Toplanma yoluyla büyüyen cisimler “**gezegensimsi yapılar**” olarak adlandırılır, yani “**gezegensimsi parçacıkları**”dır.

**Toplanma işleminde önce, çarpışan  
yörüngelerde dolanan Ay boyutlu birçok  
gezegen parçacığı vardır**

Güneş

A diagram of the solar system showing the Sun at the center, surrounded by numerous overlapping elliptical orbits. The Sun is labeled 'Güneş'.

**Zaman geçtikçe, birkaç gezegenimsi yapı  
toplanma işlemiyle daha büyür, bazıları ise  
arpışarak yok olur**



**Yalnız en büyük gezegen parçacıkları bozulmadan kalır. Bunlar, yeni oluşan güneş sisteminin gezegenleri olacaktır.**



## **Bulutsu yakalama: Dev gaz gezegenlerin oluşumu**

- Dış güneş sisteminin büyük buz parçaları hidrojen ve helyum gazını yakalamaya elverişli yapılardır. Bu işlem “**bulutsu yakalama**” (nebular capture) olarak adlandırılır.
- Bu durum, büyük boyutlu ve düşük yoğunluklu dev gaz gezegenlerin varlığını açıklar.
- Bulutsu yakalama işlemi aynı zamanda bu gezegenlerin kendi uydu sistemlerinin de oluşumunu açıklar.

# Güneş Rüzgarı: Bulutsuyu uzaklaştırır

- Güneş bulutsusundan geriye kalan gaz, güneş rüzgarı (solar wind) sayesinde yıldızlararası ortama sürüklenir (Güneş'ten tüm doğrultularda yüklü parçacık akımı olur).
- Güneş rüzgarının geçmişte daha kuvvetli olduğu sanılmaktadır.

# Gezegensimsi yapı artıkları

- Asteroid ve kuyruklu yıldızların kökeni.
- Genç Güneş'ten çıkan güçlü rüzgar, güneş bulutsusundan geriye kalan gazı temizler. Fakat, birçok gezegensimsi yapı yeni oluşan gezegenler arasında saçılmış durumda kalmıştır.
- Bu artık madde, asteroidleri ve kuyruklu yıldızları oluşturur.

# Ön Bombardıman: Taş ve Buz Yağmuru

- Bir gezegen ile bir gezegenimsi yapı artığının çarpışması “çarpma” (impact) olarak adlandırılır.
- Katı yüzeyli gezegenler üzerine olan çarpmalar sonucunda “çarpma kraterleri” (impact crater) oluşur.
- Çarpmalar, genç güneş sisteminde daha çok olurdu.



**Yer, Ay ve diğer gezegenler, gezegenimsi yapı artıkları tarafından ağır bombardımana uğramışlardır**

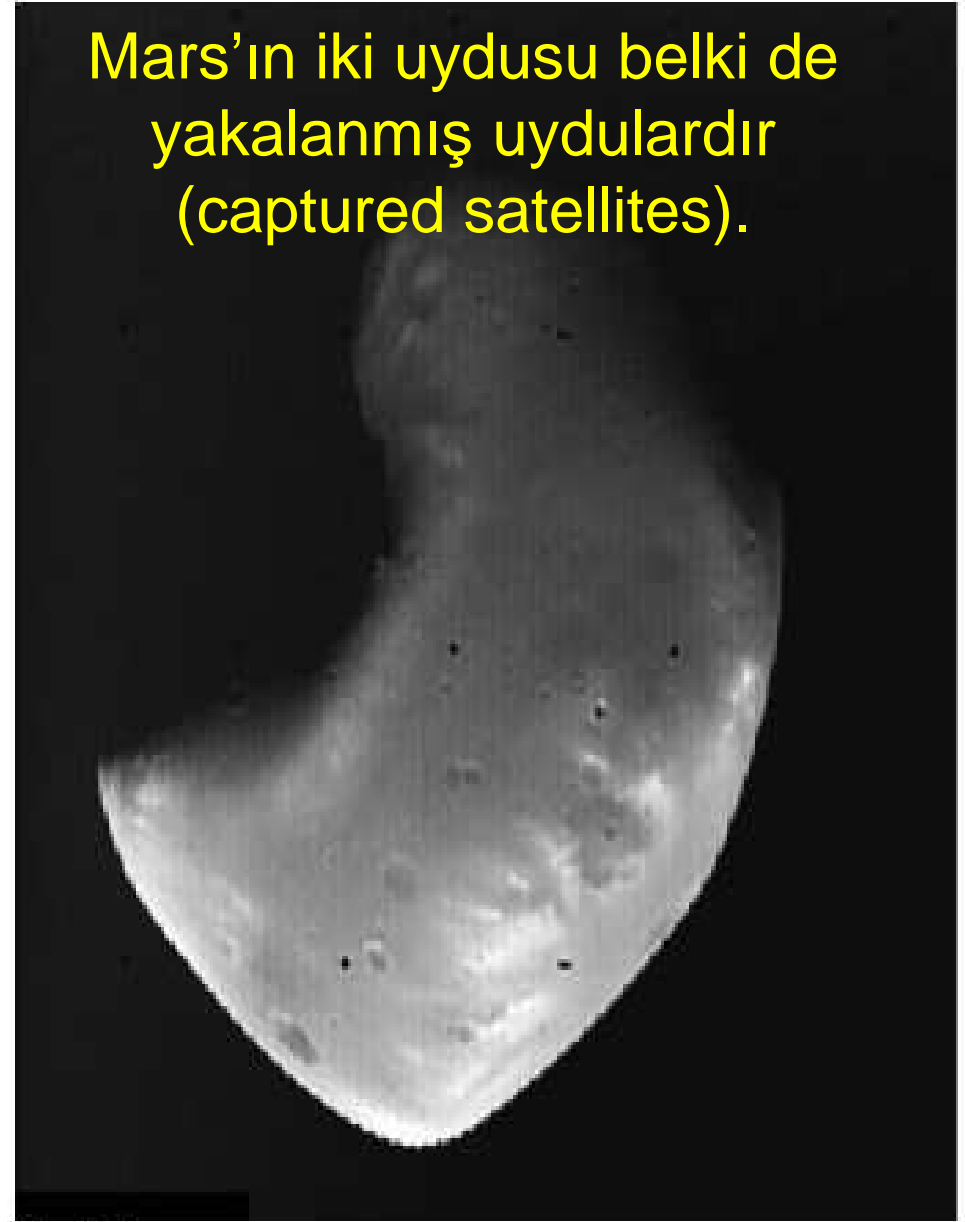


# Yakalanmış Uydular

- Bazı uydular, gezegenin eşleği ile büyük eğim açısı yapacak şekilde veya “yanlış” yön gibi, olağandışı yörüngelerde dolandır.
- Bu olağandışı uydular, belki de gezegen parçacıklarından geriye kalan ve gezegen tarafından yakalanarak bir yörüngeye oturtulmuştur.



**(a) Phobos**



**(b) Deimos**

Mars'ın iki uydusu belki de yakalanmış uydulardır (captured satellites).

# Dev arpımlar ve Ay'ın Oluşumu

- Gezegen oluşumlarından geriye kalan en büyük gezegenimsi yapılar, Mars kadar büyük olmuştur.
- Mars boyutlu bir gezegenimsi yapıyla arpışma, Ay'ın oluşumuna neden olmuştur.

# Ay'ın Oluşumu

Yer ile Mars boyutlu bir gezegenimsi yapının çarpışması



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

# Özet

- Bulutsu kuramı, dört savda içerilen önemli maddeleri açıklar.
- Ancak, gezegenbilimciler hala gezegenlerin boyutu, yeri ve kimyasal yapıları üzerine bazı şüphelere sahiptir.

# Diğer Gezegen Sistemleri

- Diğer gezegen sistemleri ne kadar yaygındır?
  - Gözlemler, ilkel gezegenimsi disk yapıların varlığını kanıtlar.
  - Gözlemsel astronomideki hızlı ilerleme, diğer yıldız sistemleri etrafındaki gerçek gezegen araştırmalarına izin verecektir.
  - 1990'ların başında, Güneş dışında hiçbir yıldızın etrafında bir gezegenin varlığı ortaya konmuyordu.
  - 2013'de, yaklaşık 400 tane güneş benzeri yıldızın etrafında 1000 gezegenin varlığını biliyoruz.

Bölüm sonu...