



*VIII Scuola Estiva  
di Astronomia  
“Sergio Fonti”*



**Viaggio nel Sistema Solare**

**Vincenzo Orofino**

*Lecce 24 Giugno 2024*



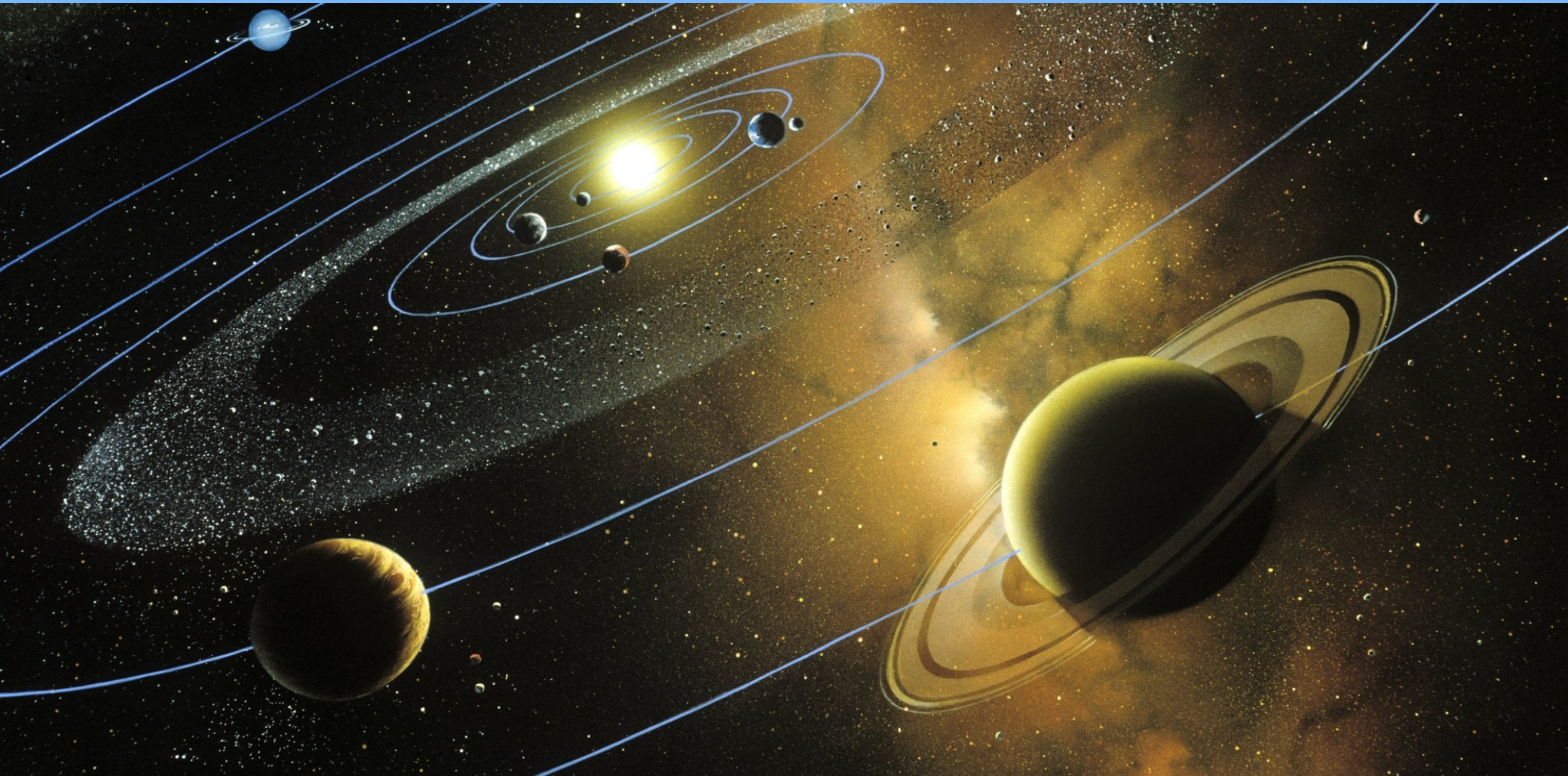
**UNIVERSITÀ  
DEL SALENTO**



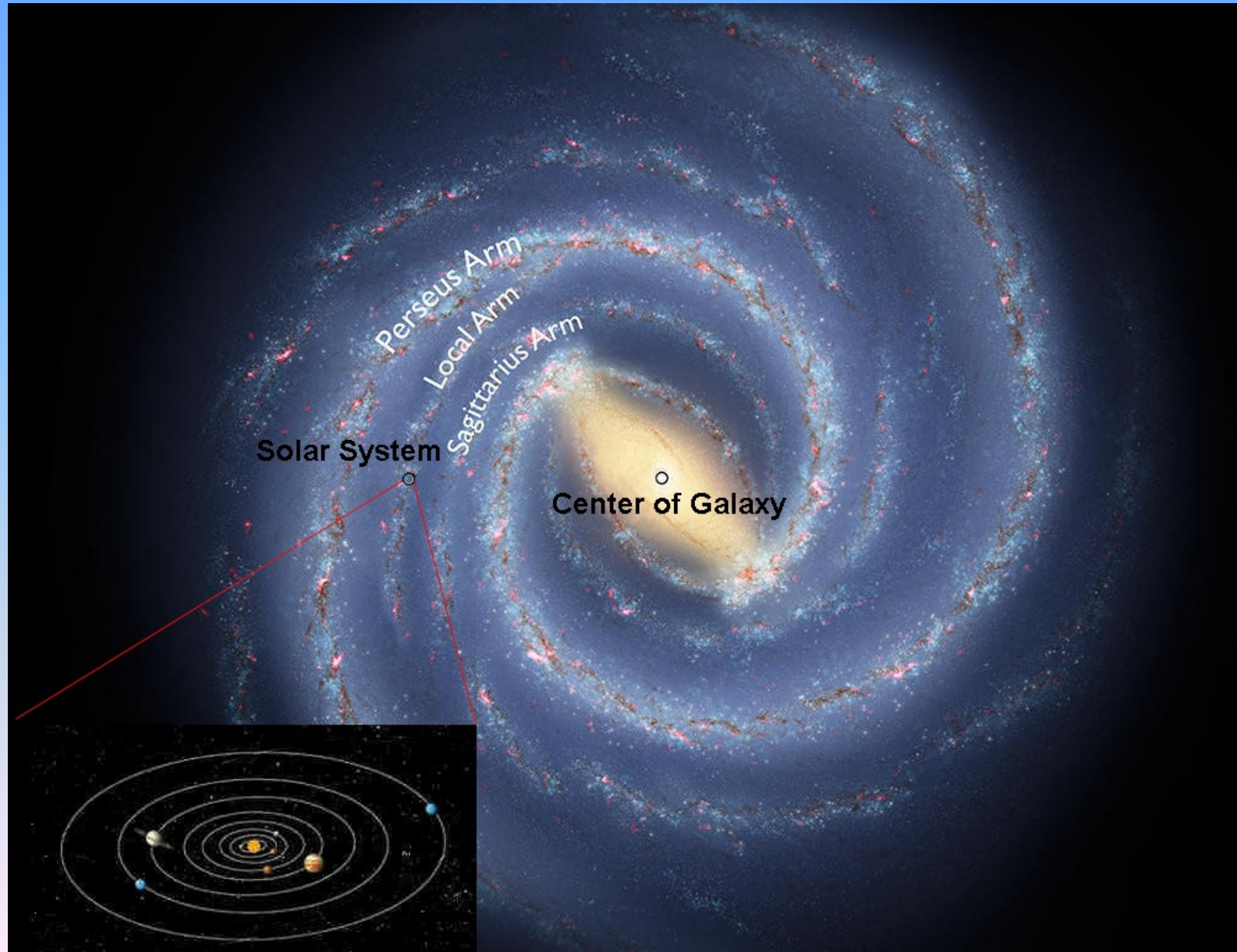
**Dipartimento di Matematica e Fisica  
“Ennio De Giorgi”**

# IL SISTEMA SOLARE

Sistema costituito da una stella centrale (il Sole), da otto pianeti che le orbitano intorno, e da altri corpi minori.



# FORMAZIONE STELLARE – La Galassia



# FORMAZIONE STELLARE

## La nebulosa originaria e le altre nebulose

Oltre alle stelle, nella Galassia sono presenti nubi di gas e polvere dette *nebulose*.

Il gas è composto da idrogeno (89%), elio (10%) ed altri elementi in tracce (carbonio, azoto, ossigeno).

La polvere è costituita da piccole particelle (*grani*) composte da silicati, materiali carboniosi e metallici.

Le nebulose hanno dimensioni enormi rispetto a quelle stellari:  
D ~ 30 – 300 anni-luce; la densità del gas è dell'ordine dei 1000 atomi di idrogeno per cm<sup>3</sup>.

Complesso di nubi nella  
costellazione di Orione



M20 nella costellazione  
del Sagittario



M16 nella costellazione  
del Serpente



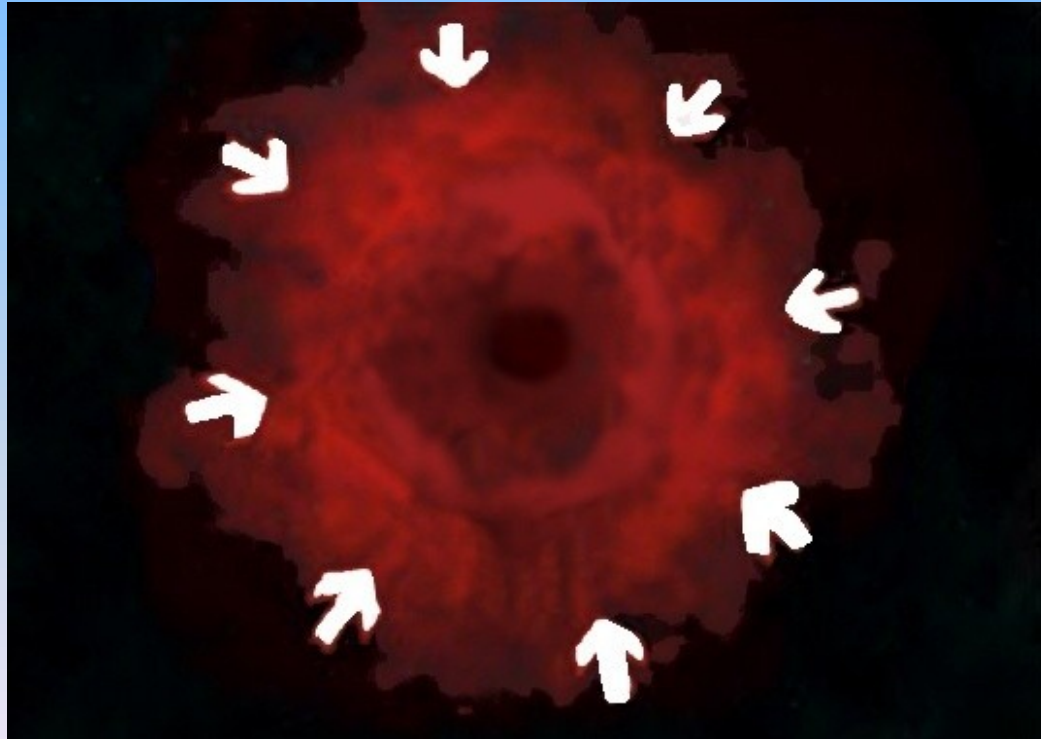


M16 nella costellazione del Serpente



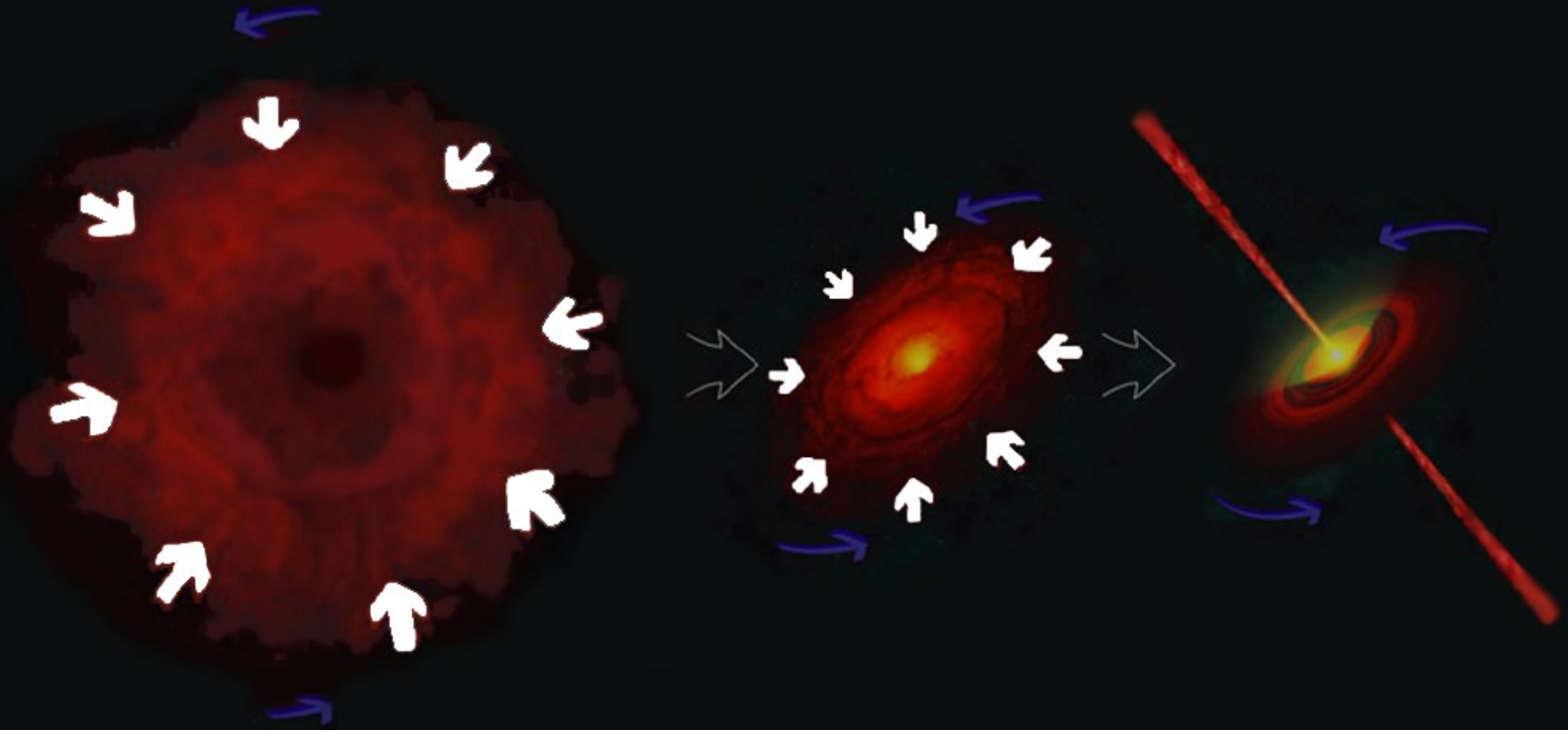
# LA NASCITA DELLE STELLE

Spesso una nebulosa inizia contrarsi per effetto della mutua attrazione gravitazionale delle sue varie parti. Si innesca un “collasso gravitazionale”.



# FORMAZIONE DEL SISTEMA SOLARE

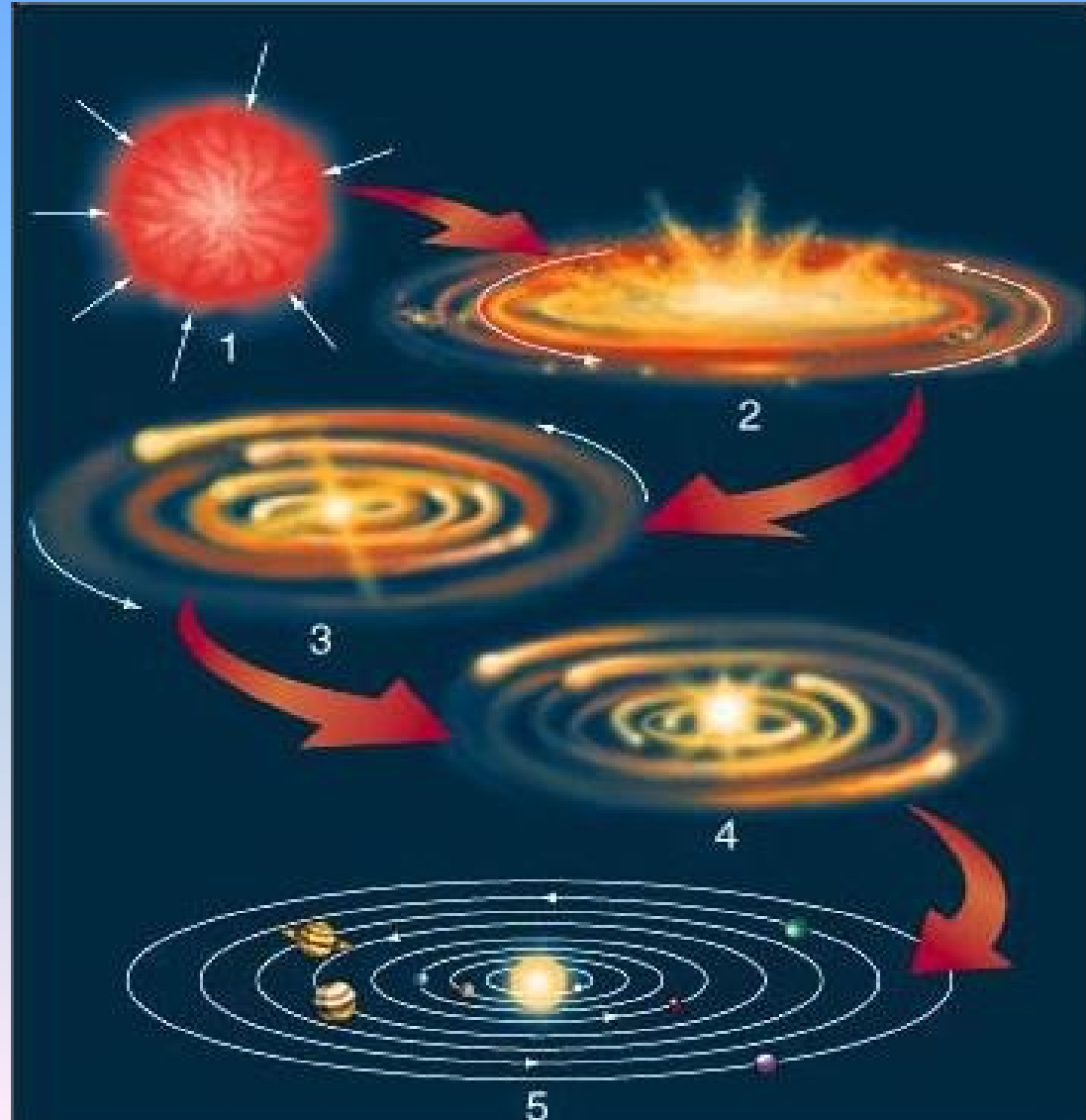
Fasi iniziali: formazione del disco protoplanetario



# FORMAZIONE DEL SISTEMA SOLARE

## Dal disco protoplanetario ai pianeti

- 1) Collasso della nube presolare
- 2) Formazione del *disco protoplanetario* in rotazione (con il protoSole al centro)
- 3) Formazione dei *planetesimi* (per aggregazione dei grani di polvere)
- 4) Formazione degli *embrioni planetari* (per aggregazione dei planetesimi)
- 5) Formazione dei pianeti (per cattura dei planetesimi da parte degli embrioni).

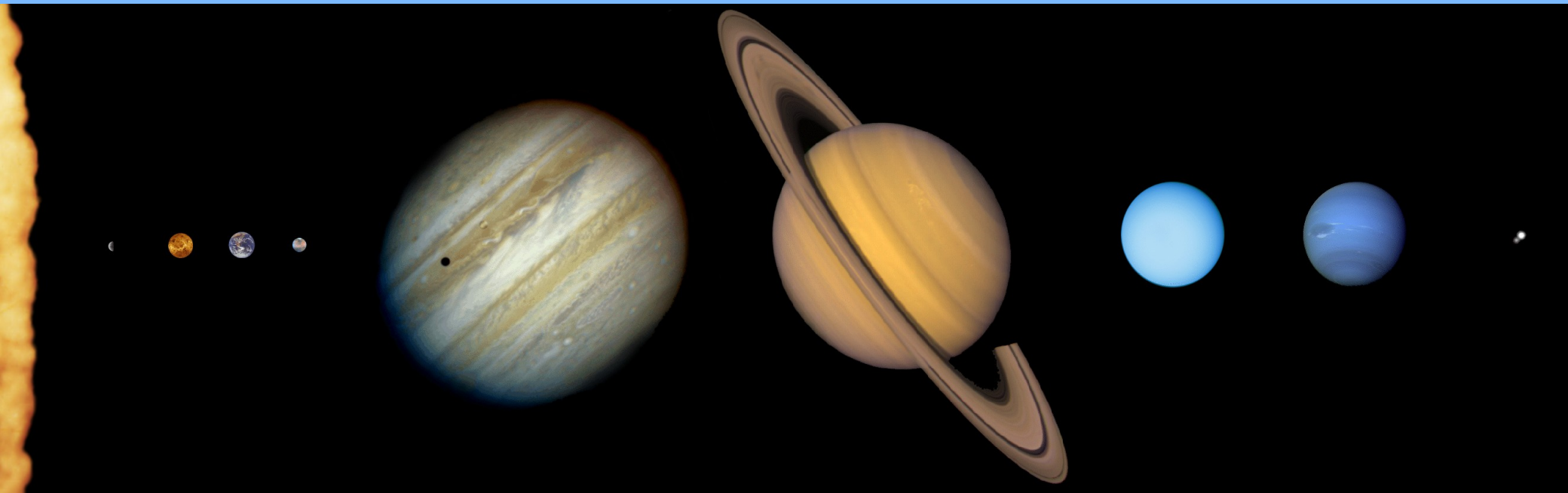


# FORMAZIONE DEL SISTEMA SOLARE



# I PIANETI (fino al 2006)

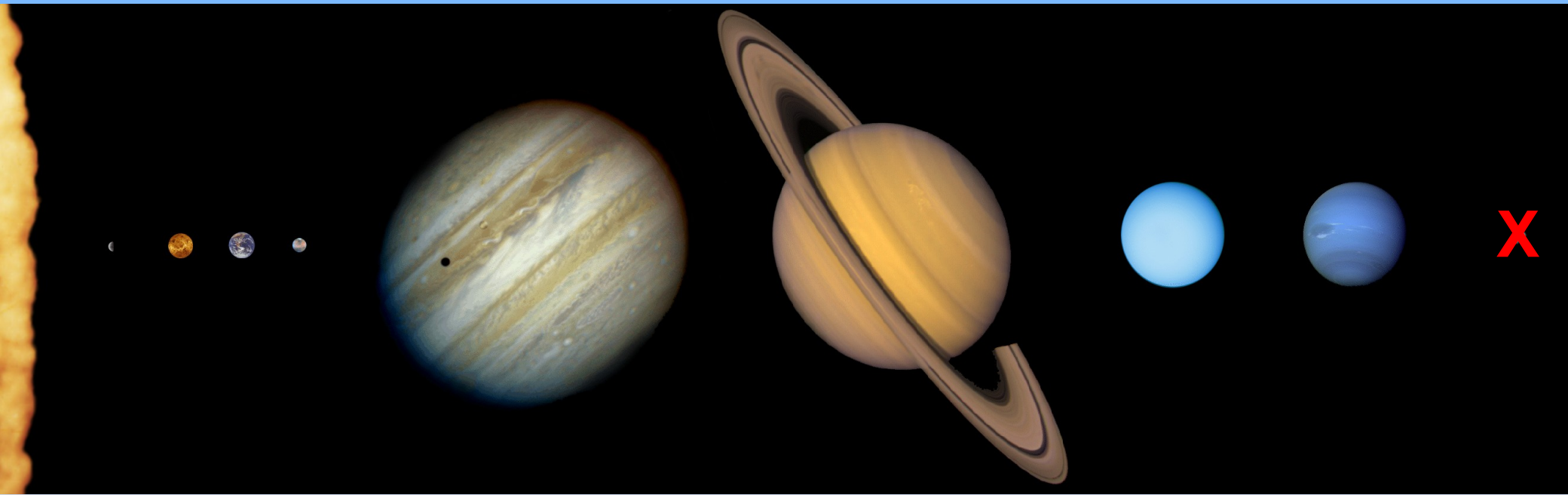
Corpi posti in orbita intorno al Sole, aventi forma regolare e raggio maggiore di 1000 km (vecchia definizione).



Numero di pianeti: 9 - Plutone incluso

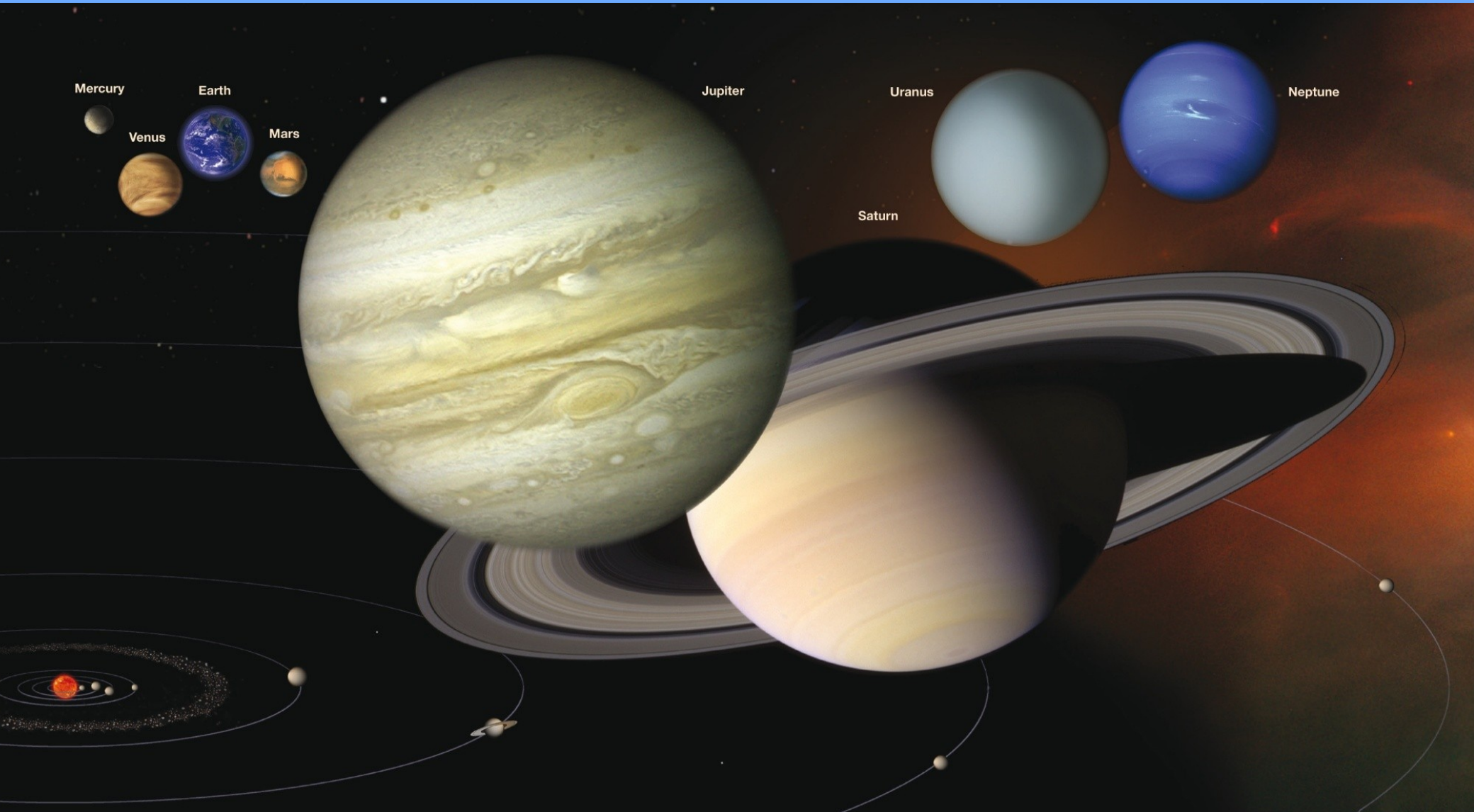
# I PIANETI (dopo il 2006)

Si adotta una nuova definizione di pianeta (vedi in seguito).

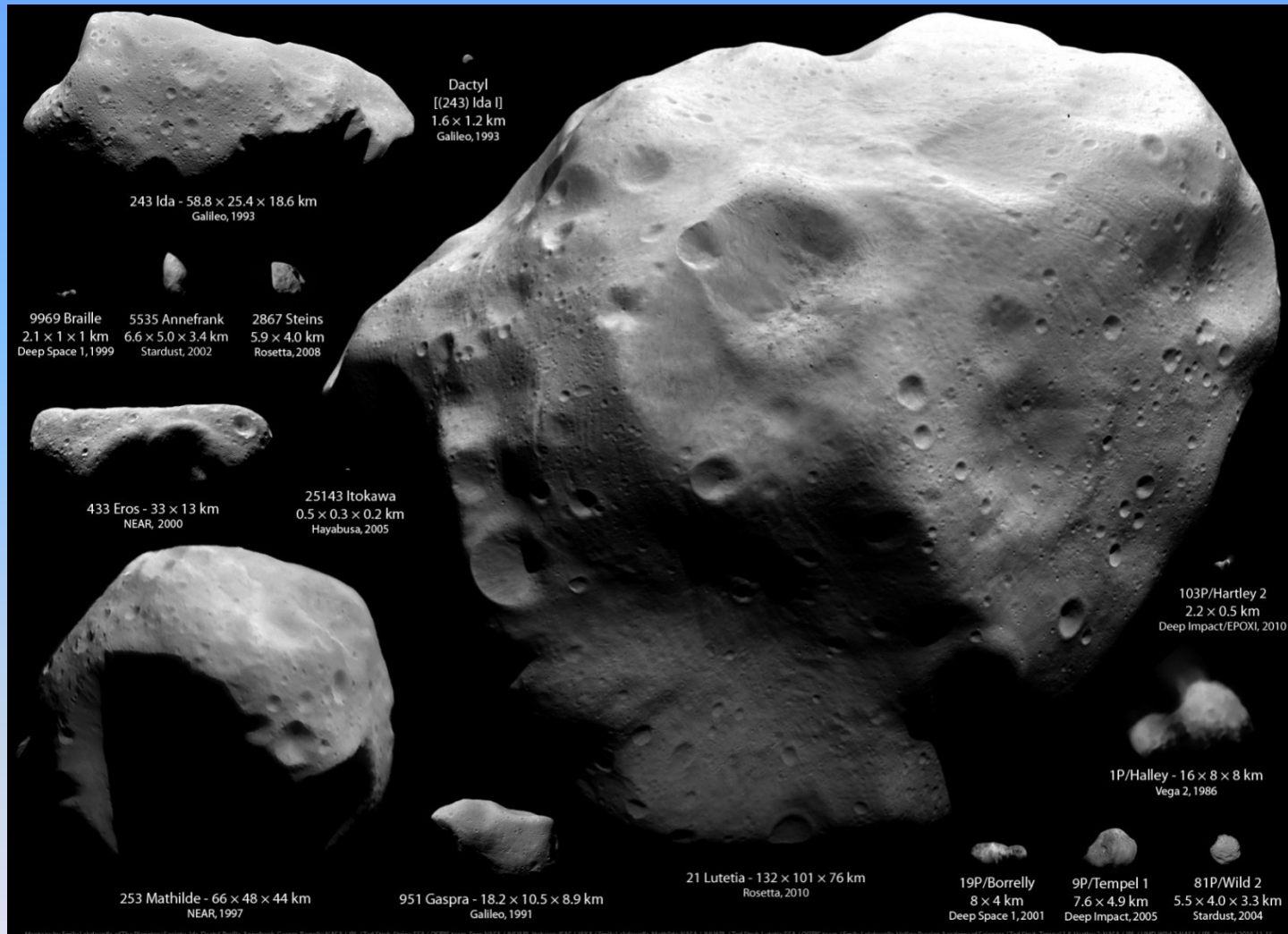


Numero di pianeti: 8 - Plutone classificato come *pianeta nano*

# I PIANETI – Dimensioni e orbite



# I CORPI MINORI



Corpi (pianeti nani, satelliti dei pianeti, asteroidi, comete e meteoroidi) di dimensioni minori rispetto a quelle dei pianeti.



# ALTRI CORPI MINORI: i satelliti dei pianeti

Vengono catalogati tra i corpi minori anche i satelliti, in quanto in orbita intorno a un corpo diverso dal Sole.



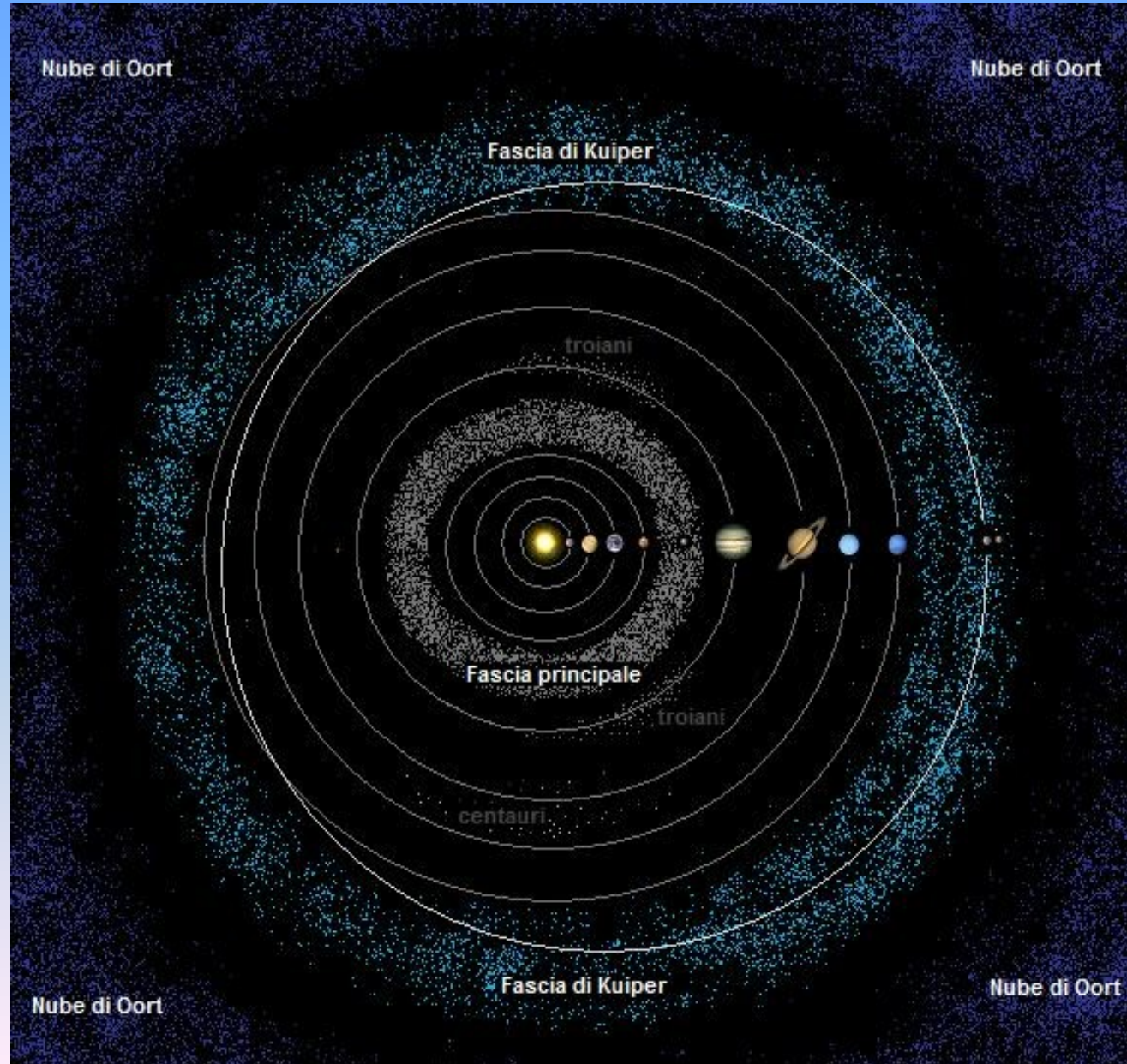
# I SATELLITI – Numero e distribuzione

Satelliti dei pianeti del Sistema Solare riconosciuti dall'IAU

	Terra (1)	Marte (2)	Giove (79)	Saturno (62)	Urano (27)	Nettuno (14)
I	Luna	Fobos	Io	Mimante	Ariel	Tritone
II		Deimos	Europa	Encelado	Umbriel	Nereide
III			Ganimede	Teti	Titania	Naiade
IV			Callisto	Dione	Oberon	Talassa
V			Amaltea	Rea	Miranda	Despina
VI			Imalia	Titano	Cordelia	Galatea
VII			Elara	Iperione	Ofelia	Larissa
VIII			Pasife	Giapeto	Bianca	Proteo
IX			Sinope	Febe	Cressida	Alimede
X			Lisitea	Giano	Desdemona	Psamate
XI			Carme	Epimeteo	Giulietta	Sao
XII			Ananke	Elena	Porzia	Laomedeia
XIII			Leda	Telesto	Rosalinda	Neso
XIV			Tebe	Calipso	Belinda	Ippocampo
XV			Adrastea	Atlante	Puck	

# I CORPI MINORI – Caratteristiche orbitali

Si raggruppano nella *Fascia Principale* (zona di separazione tra Sistema Solare interno ed esterno) e nella *Fascia di Kuiper* e *Nube di Oort*.



# Pianeti nani: pianeti mai del tutto formati



**Dysnomia**

*2400 Km*

**Eris**



**Nix**

**Charon**

**Hydra**

*2250 Km*

**Pluto**



*1800 - 2000 Km*

**Makemake**



**Namaka**

**Hi'iaka**

*1500 Km*

**Haumea**



*1600 Km*

**Sedna**

**Weywot**



*1280 Km*

**Quaoar**



*946,3 Km*

**Orcus**



*875 Km*

**2007 OR<sub>10</sub>**



*800 Km*  
**Varuna**



*700 - 734 Km*  
**2002 AW<sub>197</sub>**



*430 - 1055 Km*  
**Ixion**



*582x556x500 km*  
**Pallas**



*578x560x458 Km*  
**Vesta**

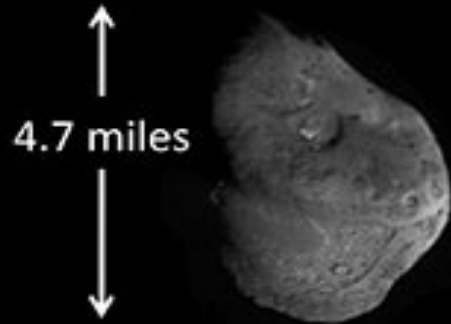


*530x407x370 km*  
**Hygiea**

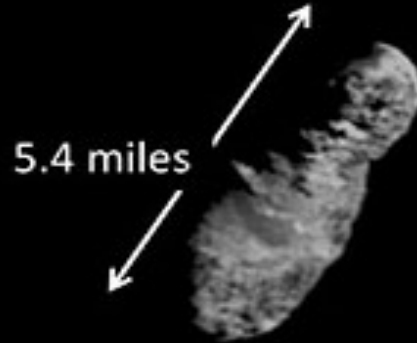
**Asteroidi** corpi minori del Sistema Solare formatisi nelle parti interne di quest'ultimo (tra Marte e Giove) e costituiti quasi esclusivamente da materiale roccioso.



**Nuclei cometari:** corpi minori del Sistema Solare formatisi nelle parti esterne di quest'ultimo e costituiti da ghiacci e rocce.



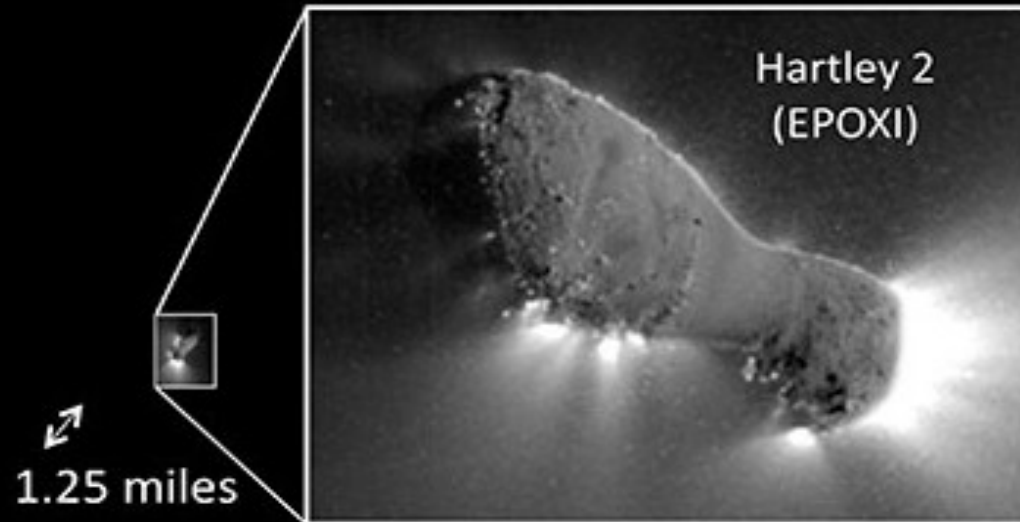
9P/Tempel 1  
(*Deep Impact*)



Borrelly  
(*Deep Space 1*)

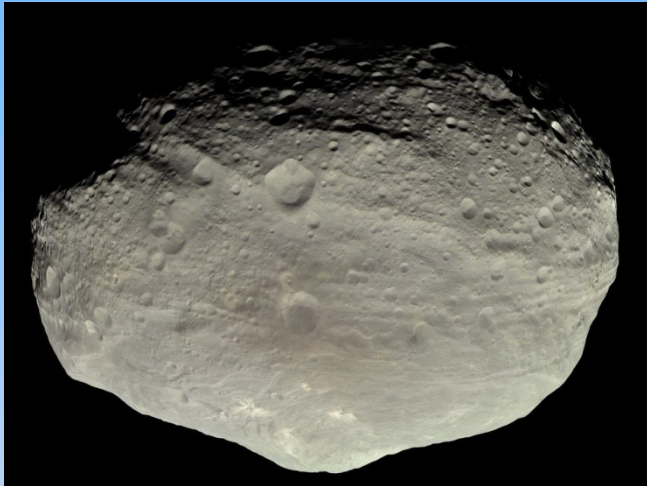


Wild 2  
(*Stardust*)



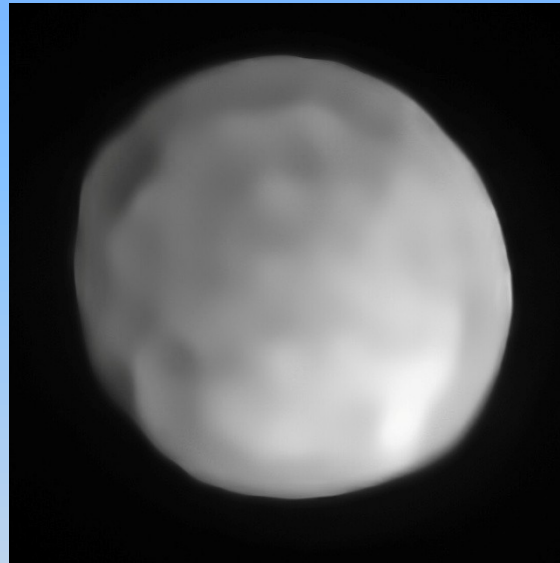
# GLI ASTEROIDI – Composizione

Vesta



Rocciosi (43%)

Igea



Carbonacei (34%)

Psiche



Metallici (5%)

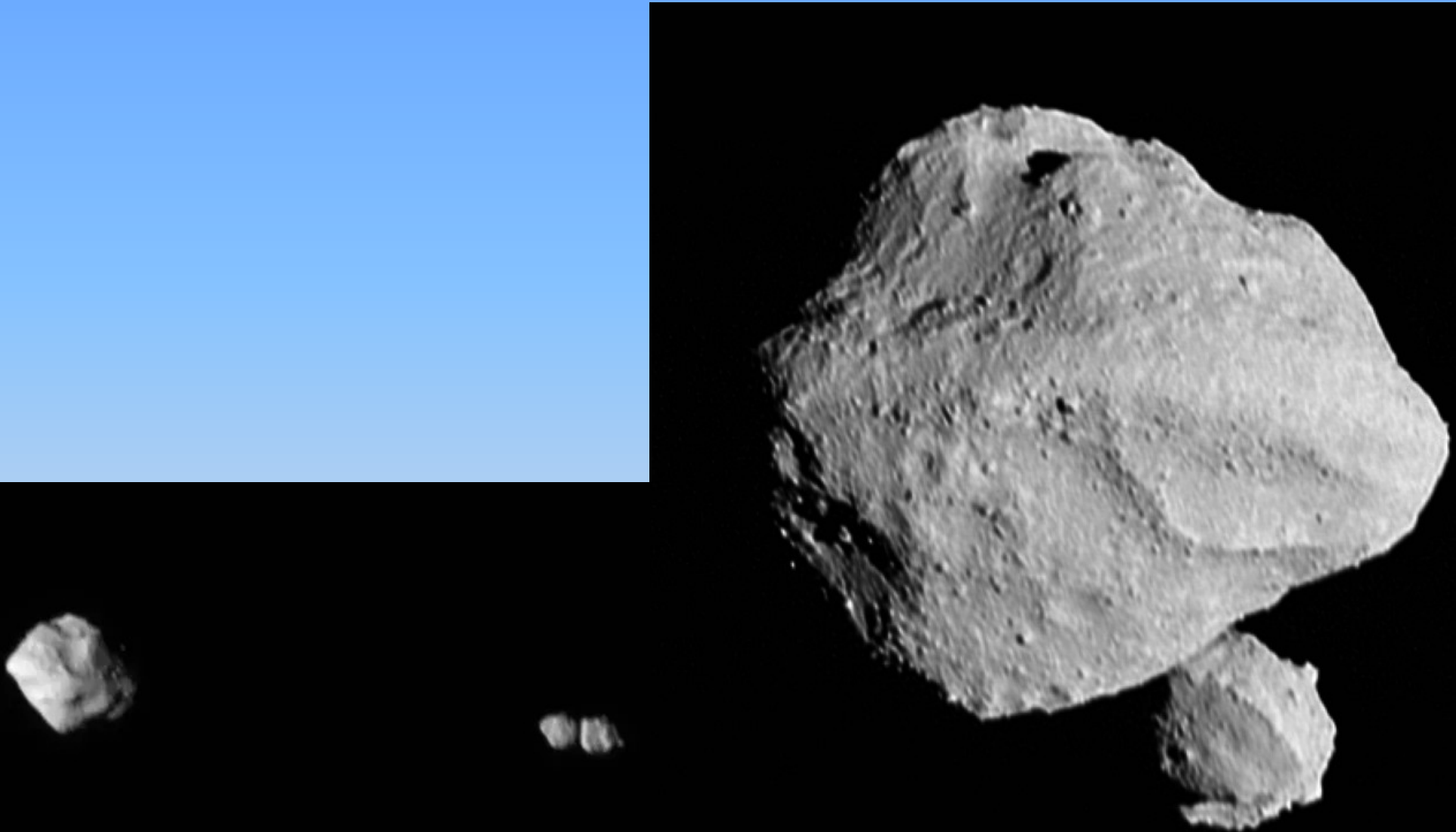
# SISTEMA DOPPO DI ASTEROIDI

L'esempio di Ida e del suo satellite Dattilo

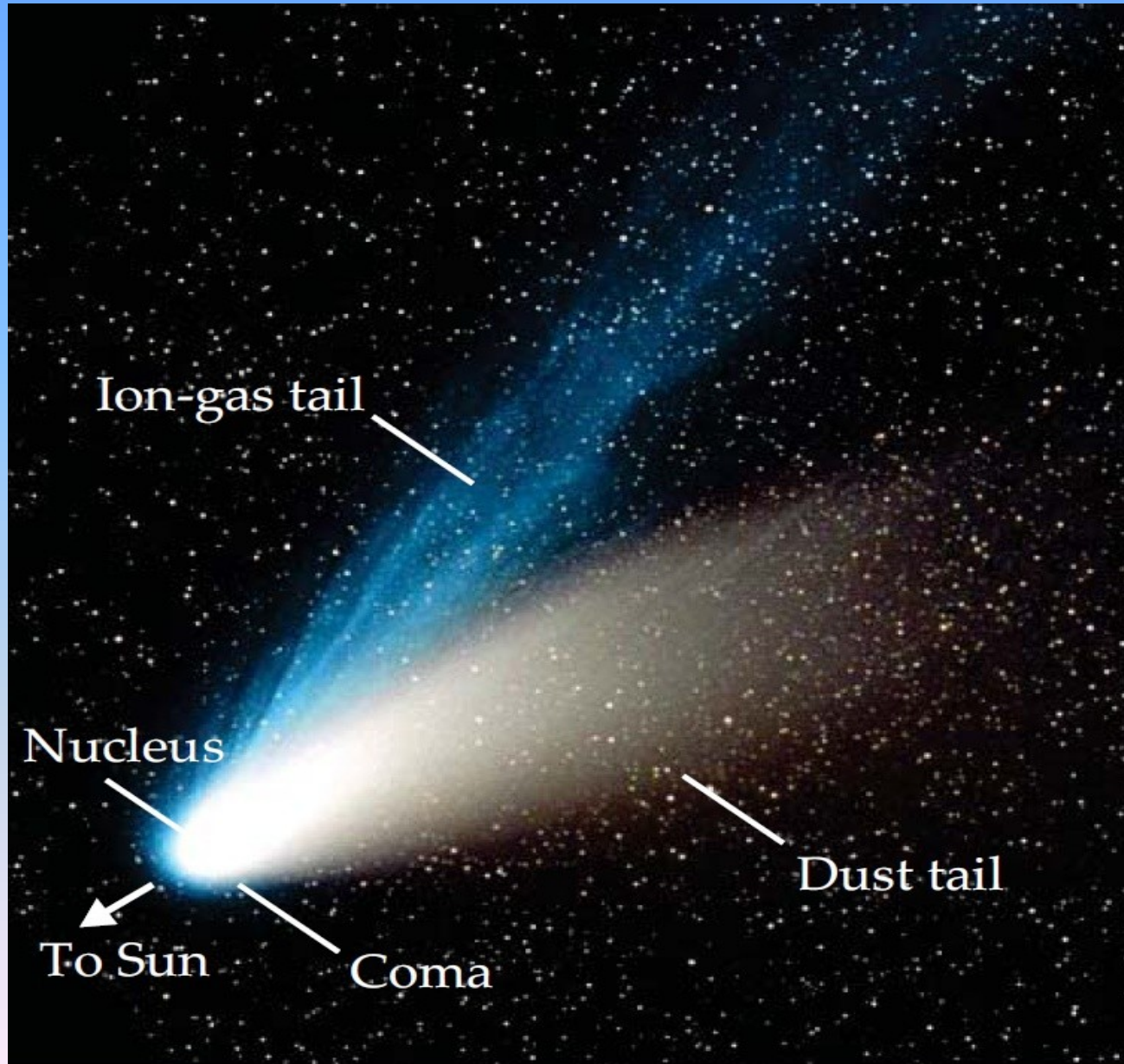


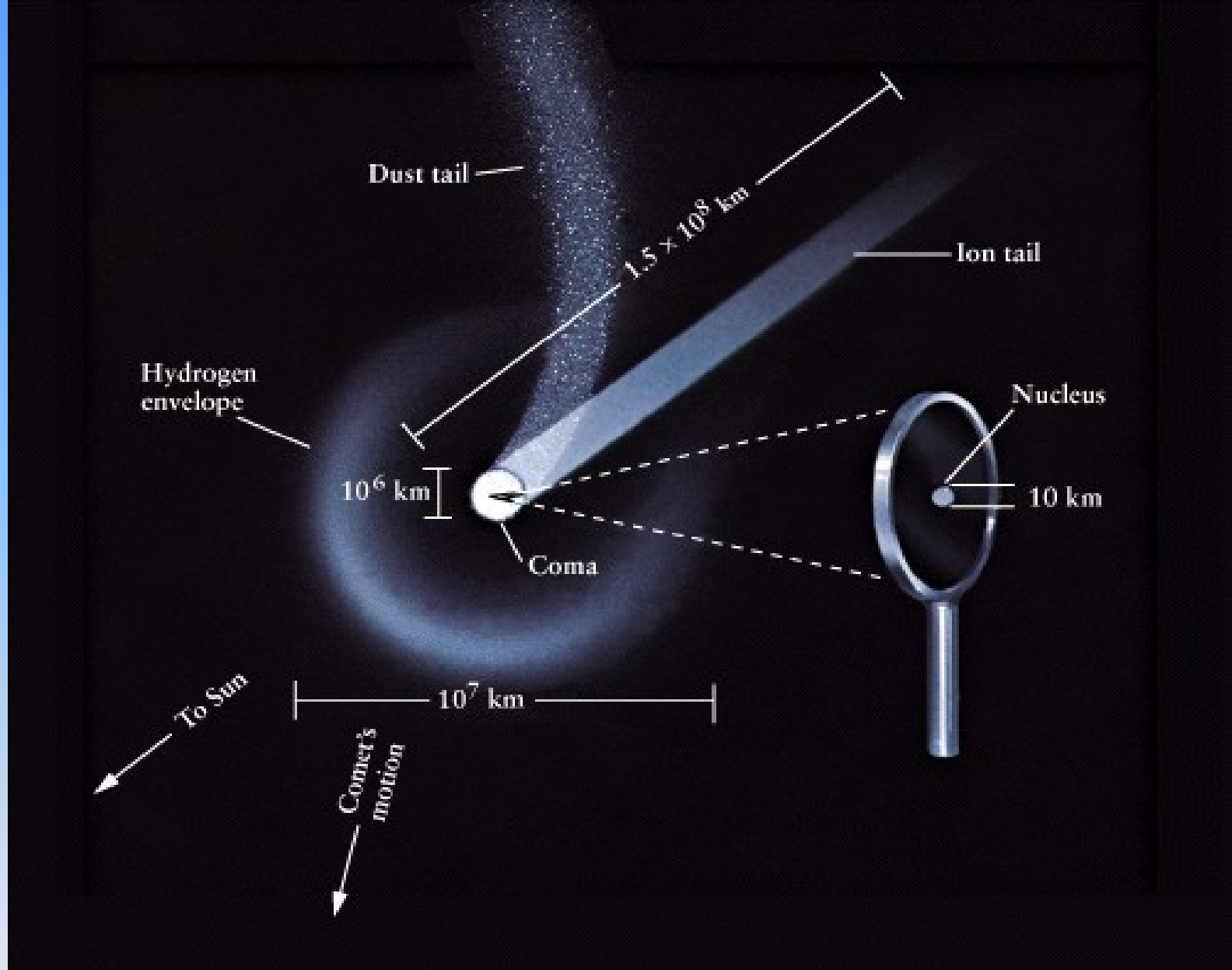


# ASTEROIDE TRIPLO DINKINESH

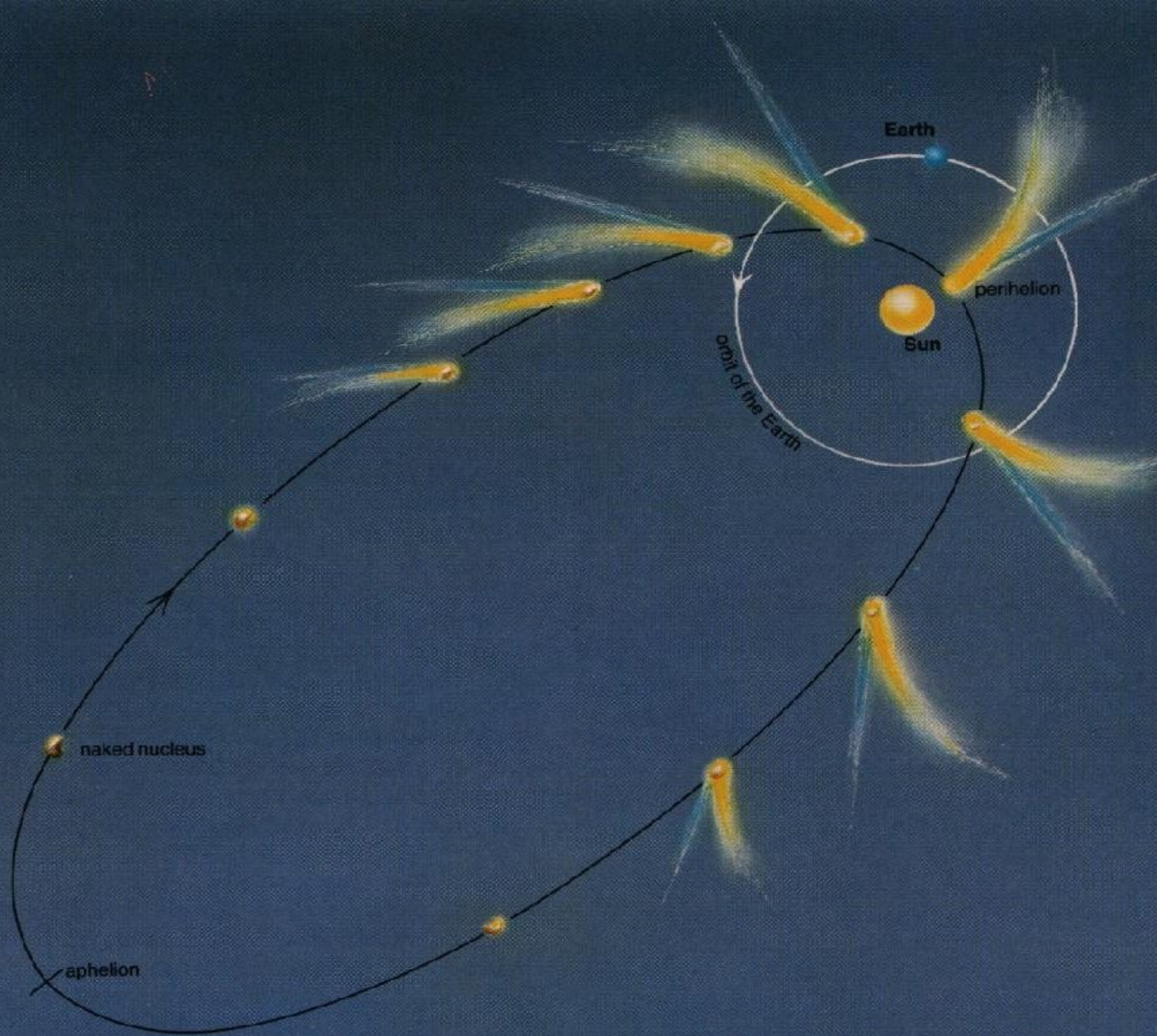


# LE COMETE – Struttura





Dimensioni caratteristiche



Orbita di  
una  
cometa

# LE COMETE – Struttura: il nucleo

Nucleo: solido e irregolare, costituisce la parte permanente di una cometa.

Il nucleo della cometa Halley: una mistura di ghiacci e materiale roccioso (*Palla di neve sporca*)

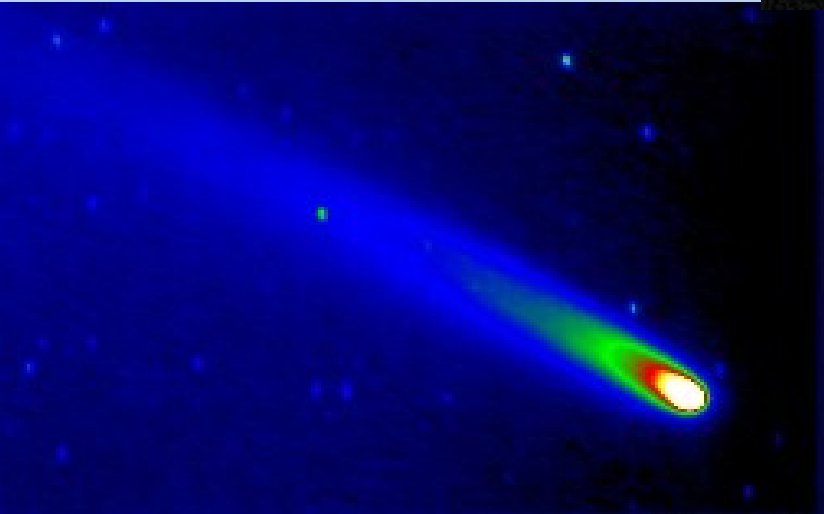


# LE COMETE – Struttura: le code

Code: flusso di gas e polvere che si allontanano dal nucleo.

Le due code della  
cometa Hale-Bopp





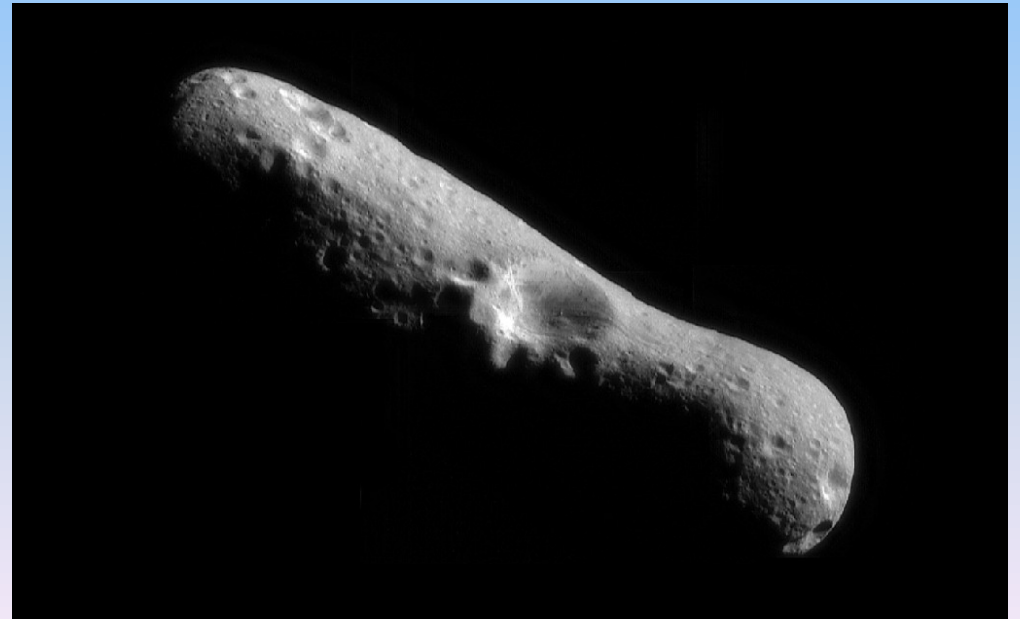
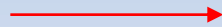
La coda della cometa  
Ikeya - Zhang



Nucleo della  
cometa Borrelly



Asteroide Eros





# Comete oscure

Corpi celesti che, come le comete, sono soggetti a forze non gravitazionali (degassamento dall'interno?) ma che, al contrario delle comete, non mostrano chioma e code.

Possibili comete oscure: sei oggetti fotometricamente inattivi (1998 KY26, 2005 VL1, 2016 NJ33, 2010 VL65, 2010 RF12 e 2006 RH120) classificati come asteroidi ma dotati di accelerazioni non radiali fuori piano orbitale.

L'attività di degassamento potrebbe essere prodotta da getti quasi polari emessi da oggetti con asse di rotazione ortogonale al piano dell'orbita.

# OUMUAMUA (2017 U1)



Proprietà superficiali simili a quelle degli asteroidi (spettro arrossato)

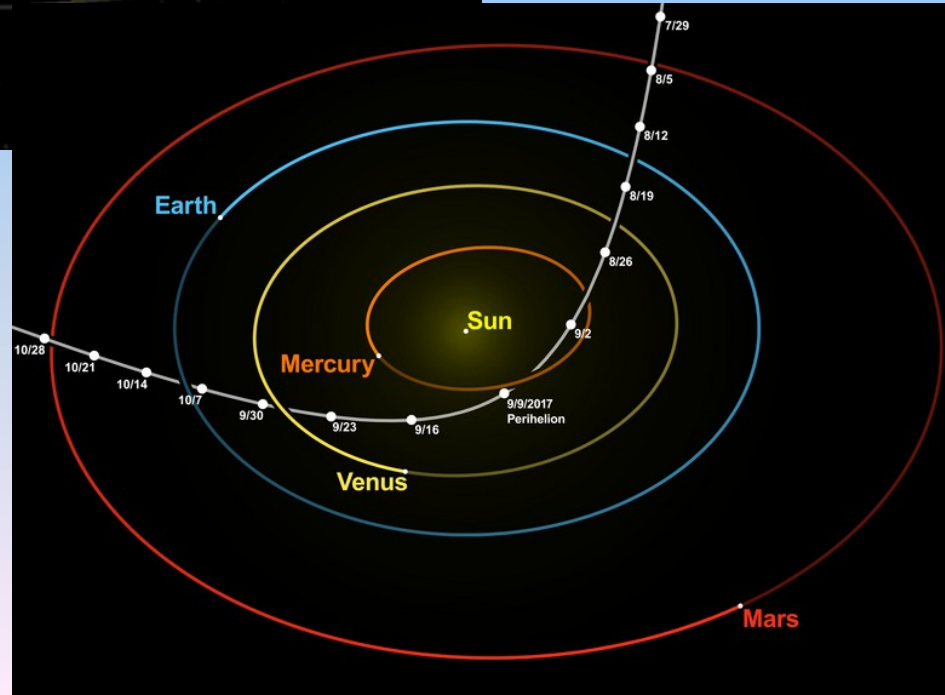
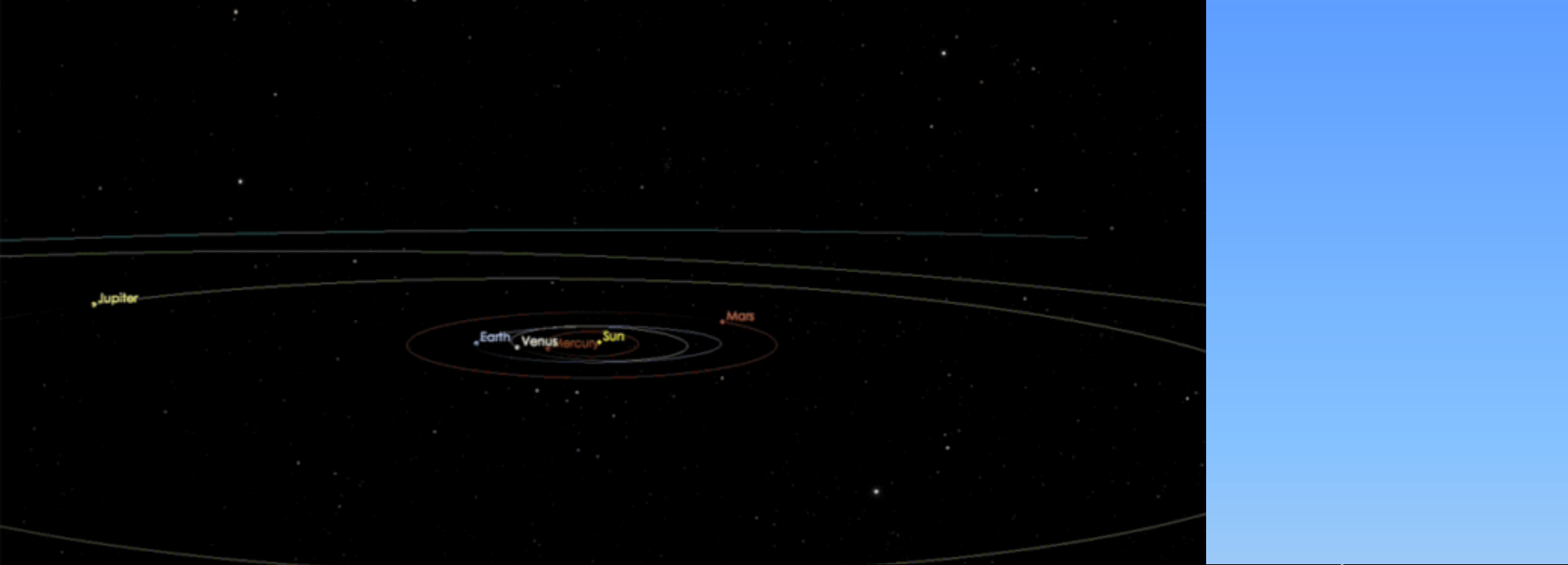
Assenza di chioma e coda

Dimensioni: 115 × 111 × 19 metri

Forza non-gravitazionale

-direzione antisolare

-proporzionale a  $r^{-2}$



# Comete oscure: potenziale minaccia per la vita sulla Terra

- 👁️ possono essere avvistate mentre si muovono verso la Terra solo pochi giorni prima dell'eventuale impatto (scarso preavviso per possibili contromisure)
- 👁️ migliaia di comete oscure oggi sconosciute presenti nel Sistema Solare

WISE/NEOWISE

Radar (*Peplow, 2004*)

Kalhil et al.(2020)

# PROGETTI SPAZIALI DELL'ESA

## con coinvolgimento del DMF di UniSalento

**PFS-MEx** (*Planetary Fourier Spectrometer*), a bordo della sonda Mars Express, per lo studio della superficie e dell'atmosfera di Marte tramite misure spettroscopiche nell'infrarosso;

**PFS-VEx**, simile al precedente, ma per lo studio dell'atmosfera di Venere a bordo della sonda Venus Express;

**VIRTIS** (*Visible and InfraRed Thermal Imaging Spectrometer*), a bordo della sonda Rosetta, per lo studio della cometa Churyumov-Gerasimenko tramite misure spettroscopiche nel visibile e nel vicino infrarosso;

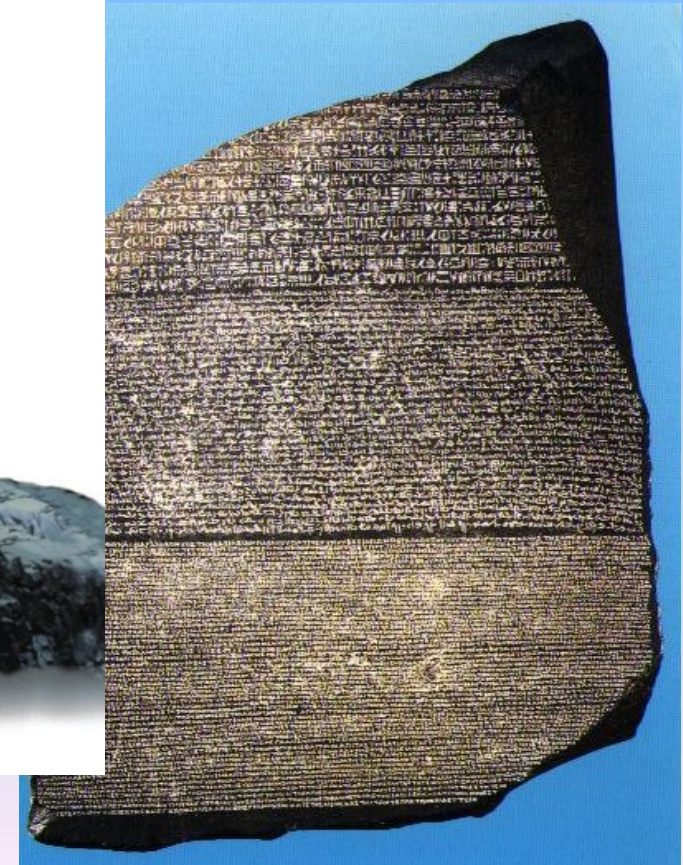
**VIRTIS-VEx**, simile al precedente ma per lo studio dell'atmosfera di Venere a bordo della sonda Venus Express;

**MAJIS** (*Moons And Jupiter Imaging Spectrometer*), nell'ambito della missione JUICE per lo studio spettroscopico di tre lune di Giove (Ganimede, Europa e Callisto) probabili sedi di un oceano ghiacciato;

**Euclid**, per l'individuazione di asteroidi, posti su orbite molto inclinate rispetto all'eclittica, che rivestono grande importanza per gli studi sull'evoluzione dinamica del Sistema Solare.

# LE COMETE – Missione Rosetta

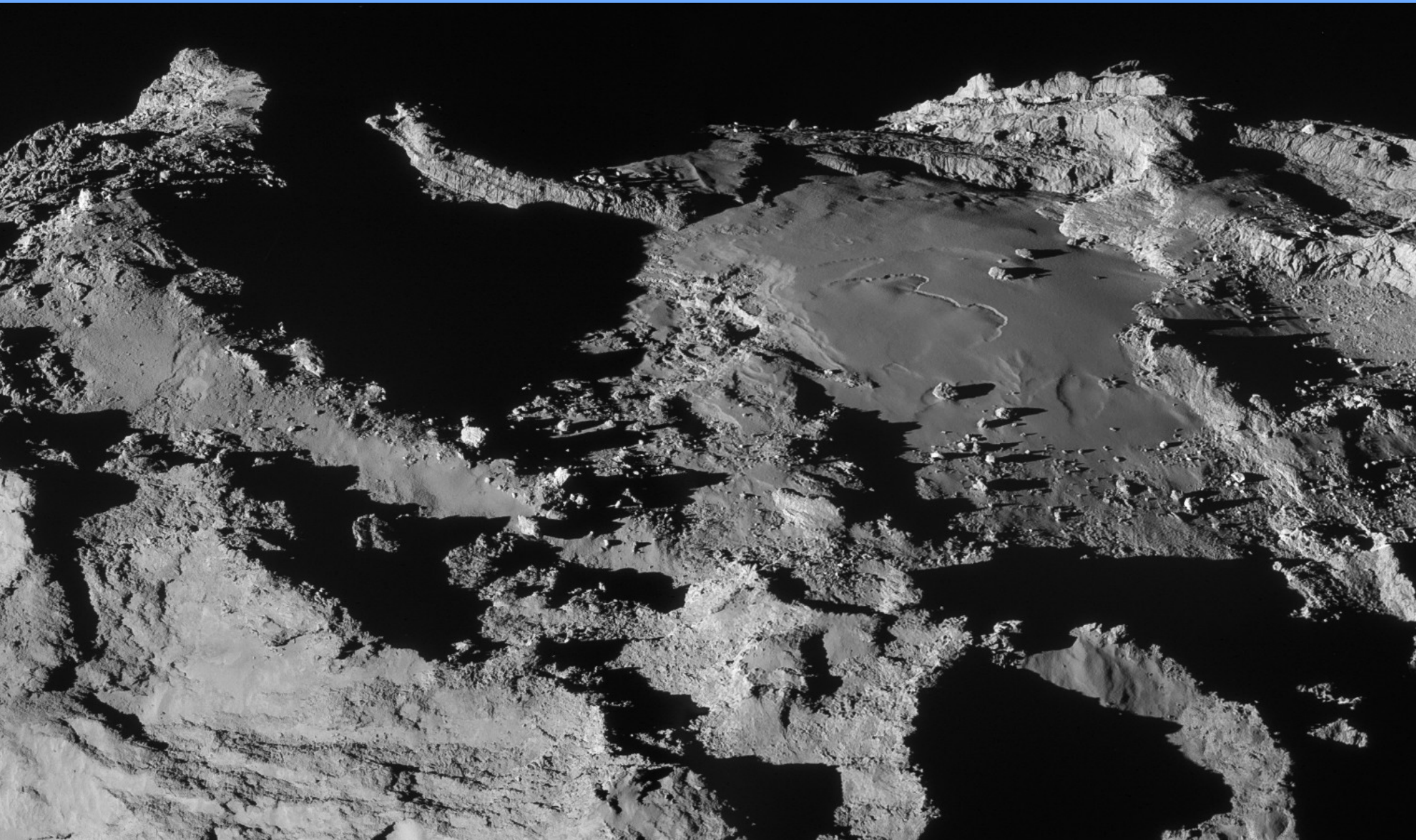
Sonda lanciata nel 2004 verso la cometa Churyumov-Gerasimenko



# La cometa 67/P C-G osservata da Rosetta

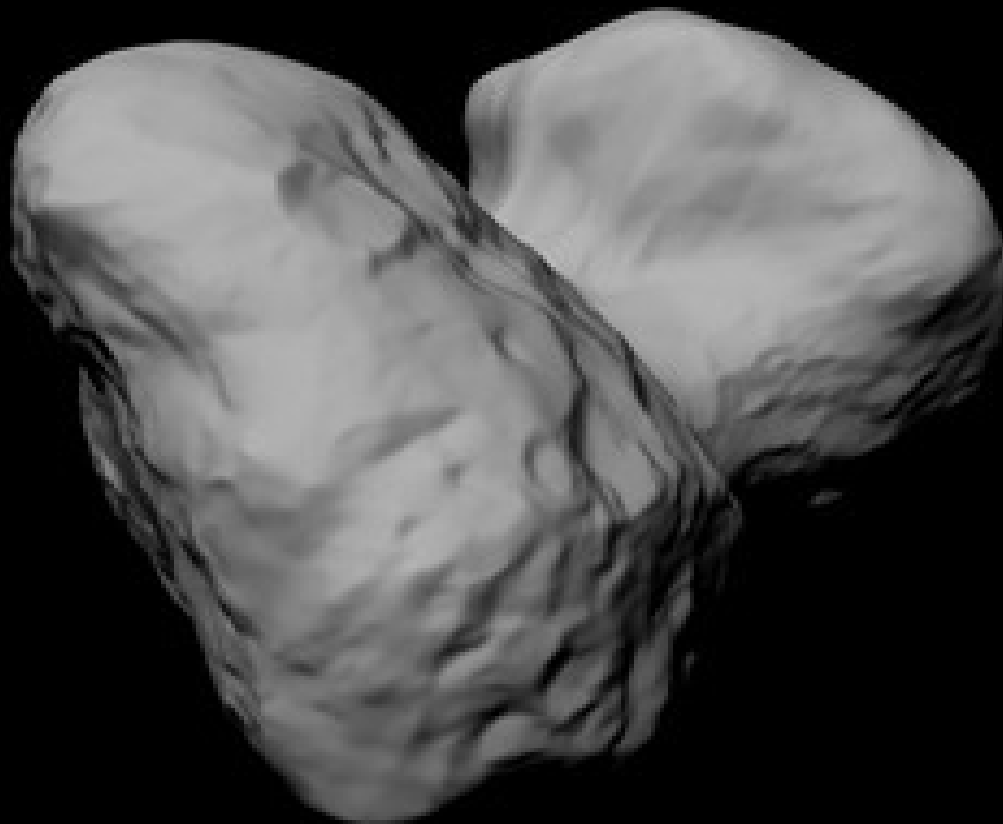


# Fotomosaico ad alta risoluzione

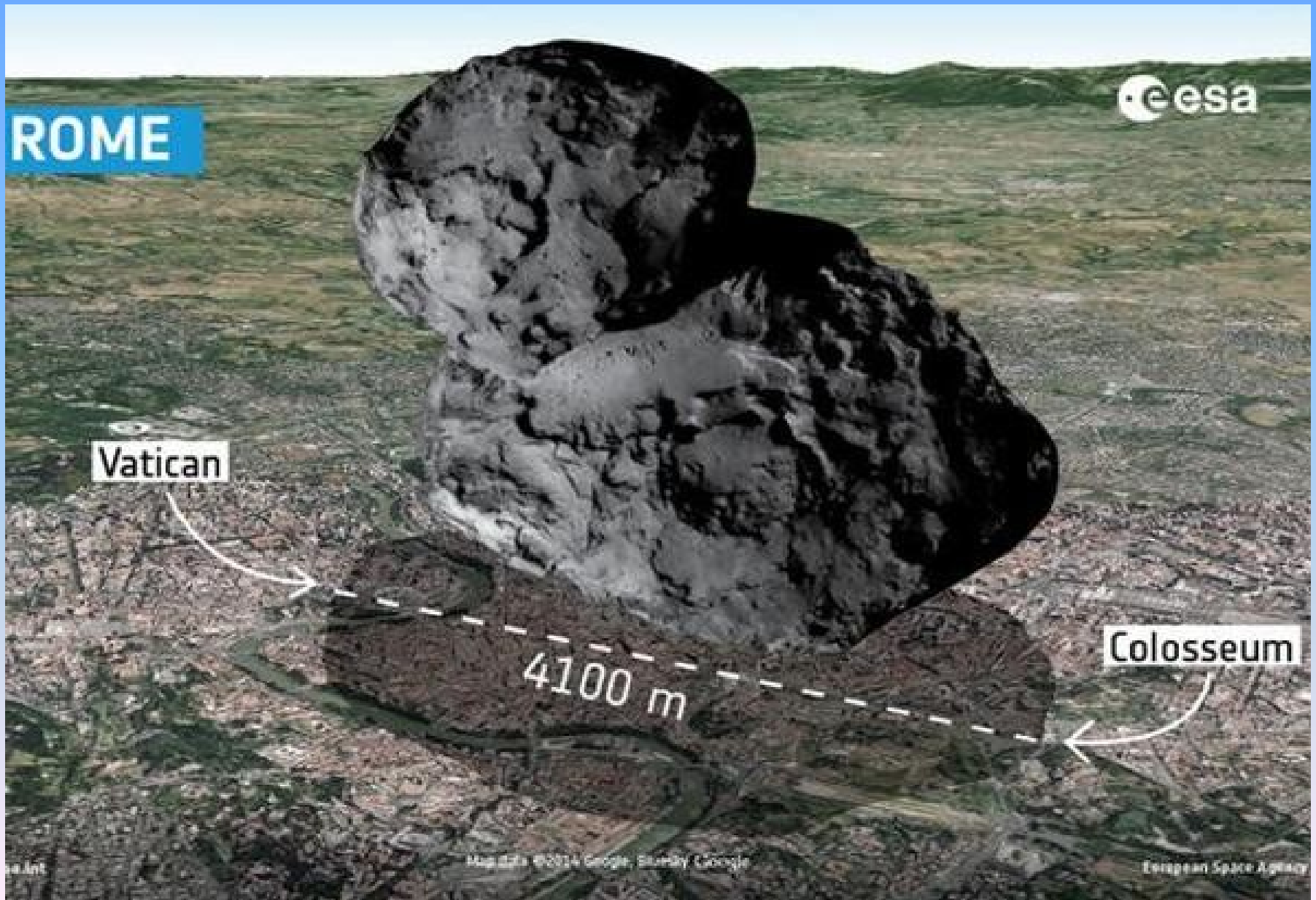




# Ricostruzione 3D del nucleo della 67/P C-G

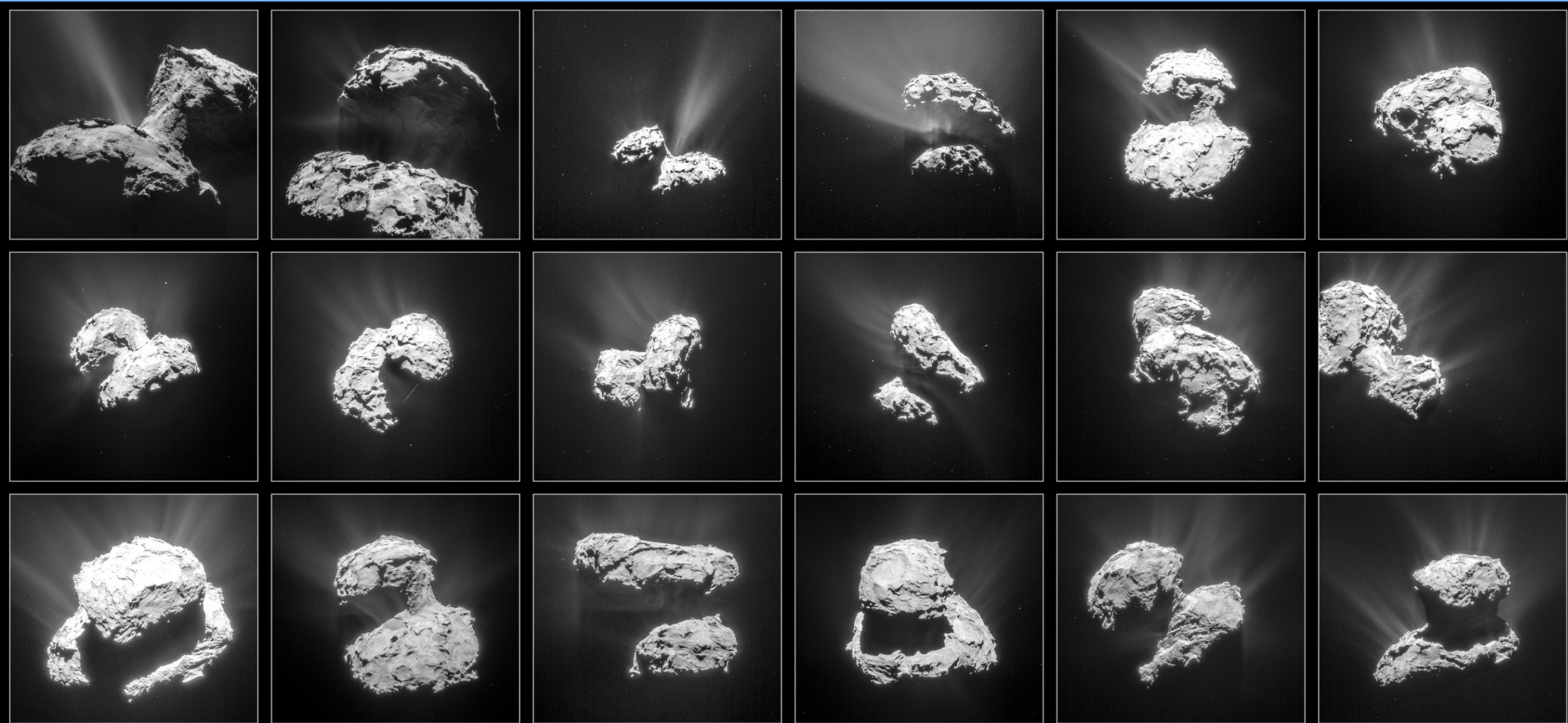


# Dimensioni del nucleo della 67/P C-G



# Getti dalla cometa 67/P C-G

31 gennaio – 25 marzo 2015





# VIRTIS Science Team



- The Scientific team is composed of 48 experienced (young and not so young) scientists from 18 Institutes/Universities distributed over 7 countries plus ESA:





67P/CG NUCLEUS

2014-07-28T15:39

470 m/px

ESA/Rosetta/VIRTIS/INAF-IAPS/OBS DE PARIS-LESIA/DLR

VIRTIS-M

1.4  $\mu\text{m}$

5  $\mu\text{m}$

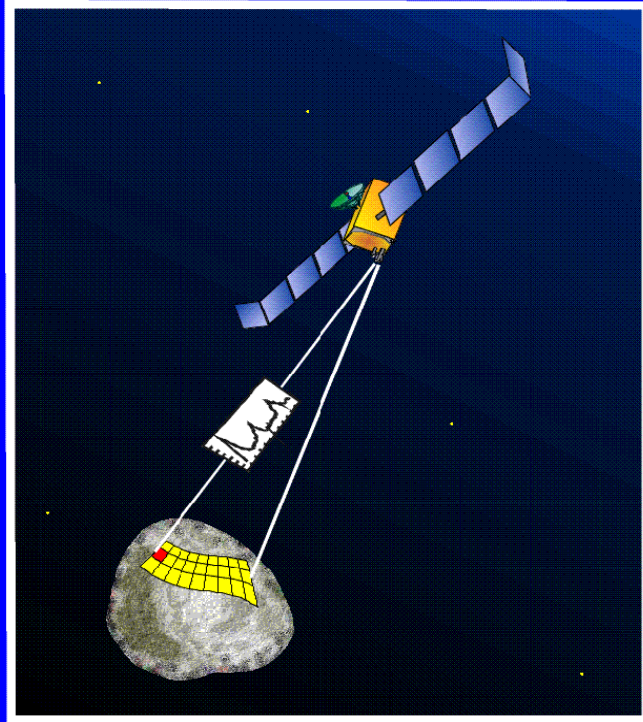
shape model rendering



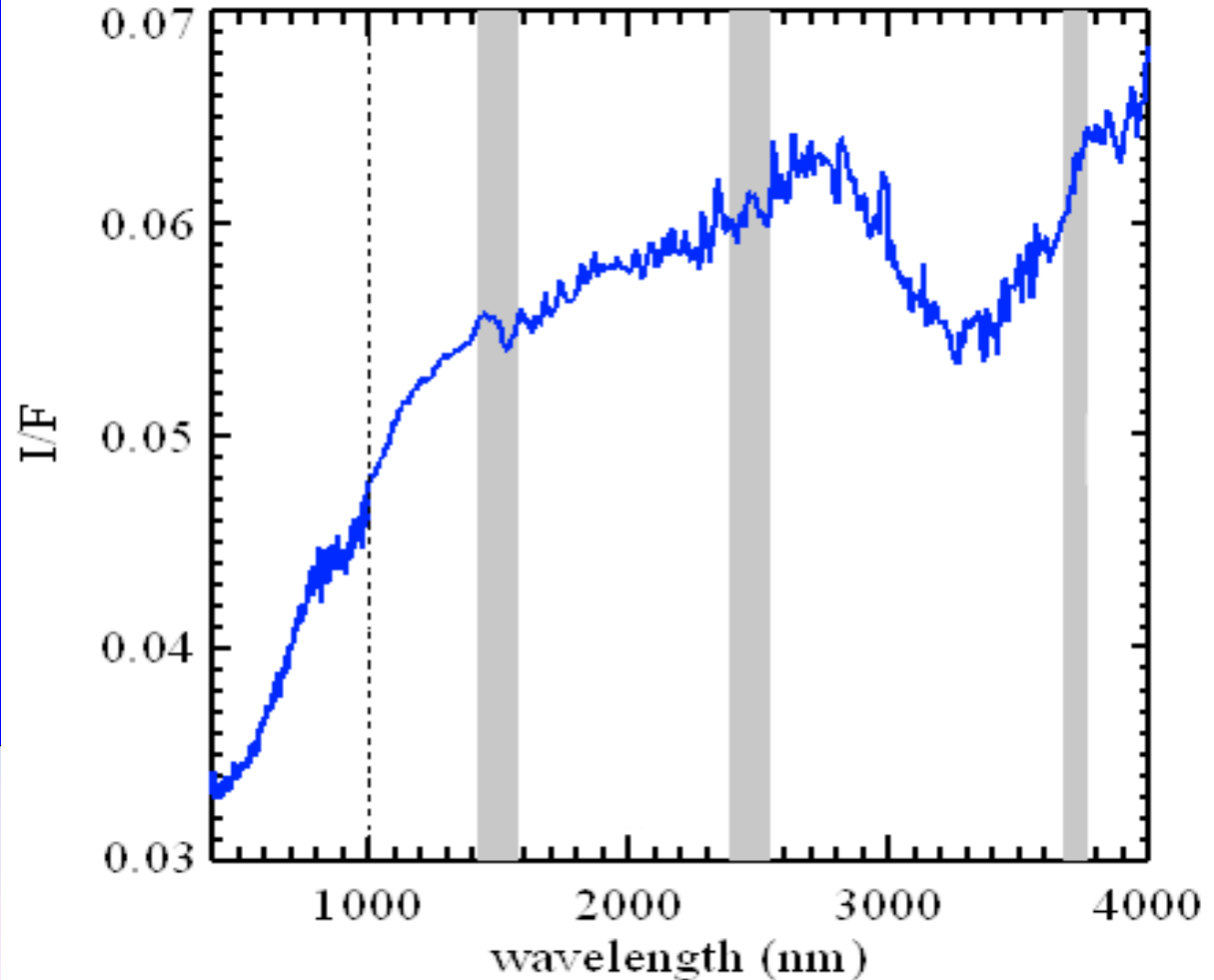
# ROSETTA ORBITER

VISIBLE and INFRARED THERMAL IMAGING SPECTROMETER

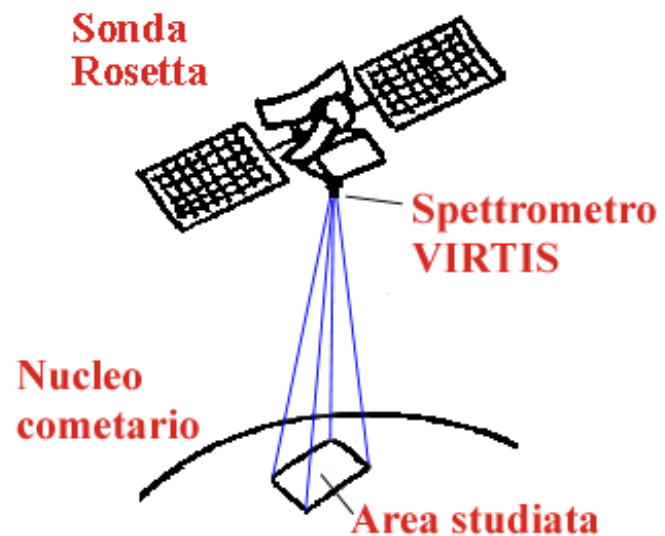
## VIRTIS



# Lo spettrometro ad immagine VIRTIS



# NELLO SPAZIO



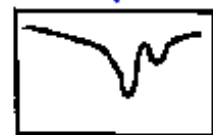
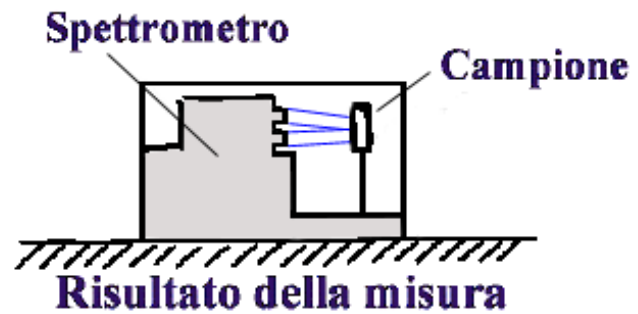
Risultato della misura



Spettro



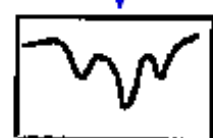
# IN LABORATORIO



Elaborazione al computer

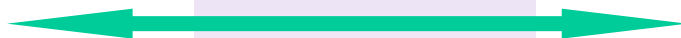


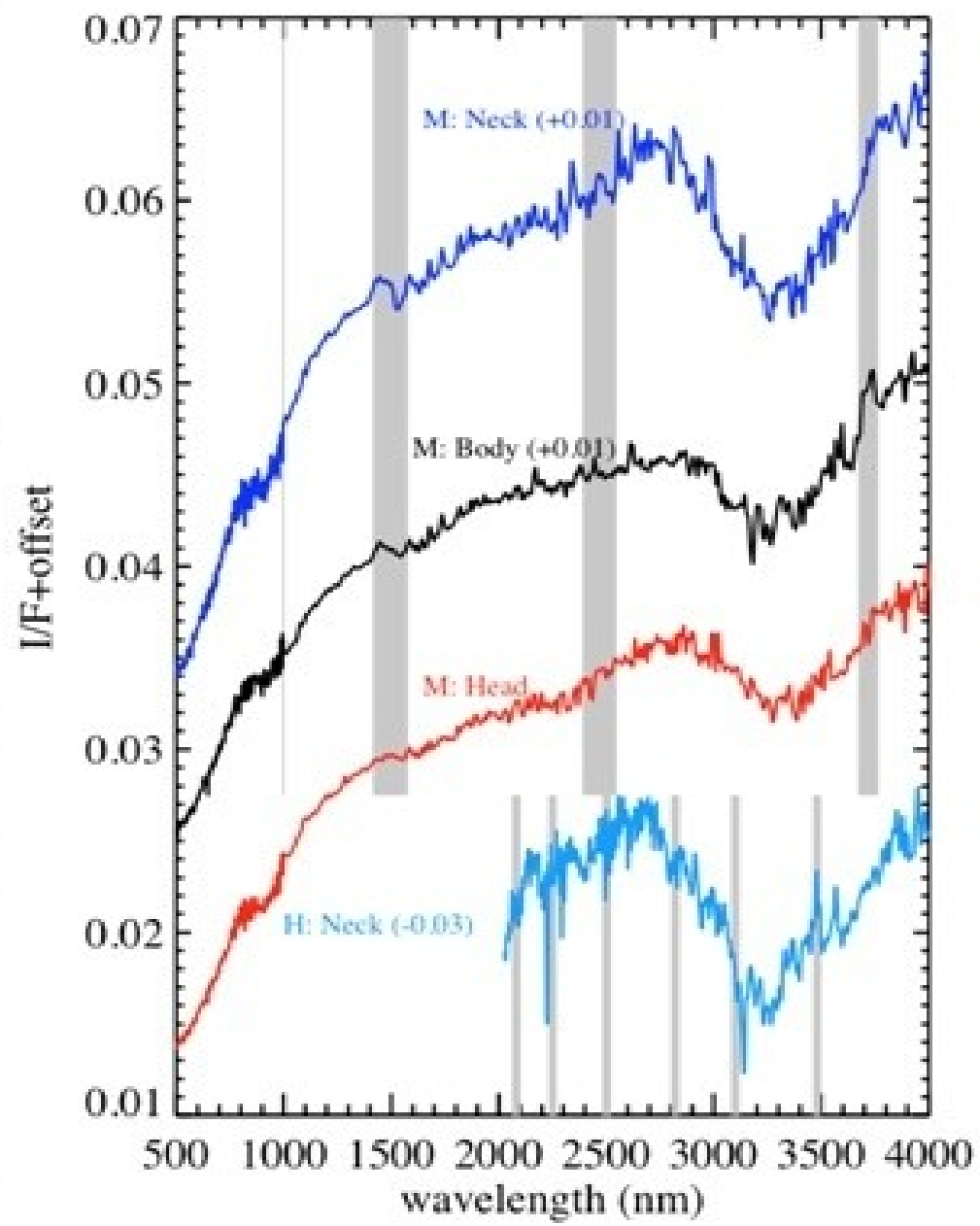
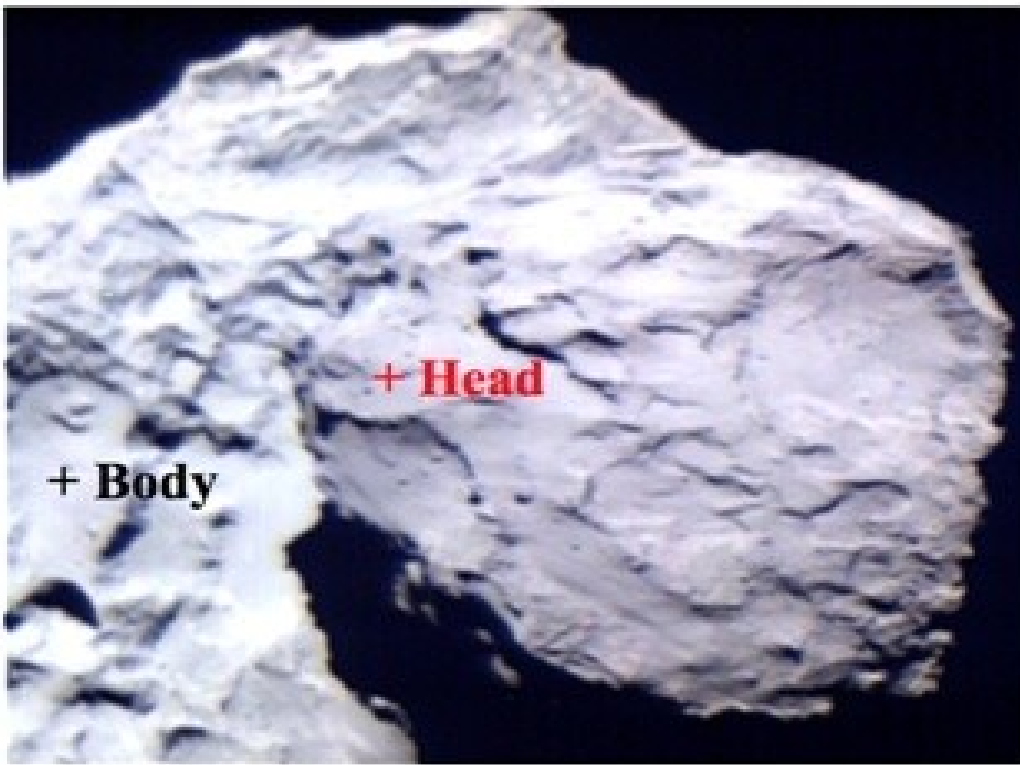
Risultato dell'elaborazione



Spettro

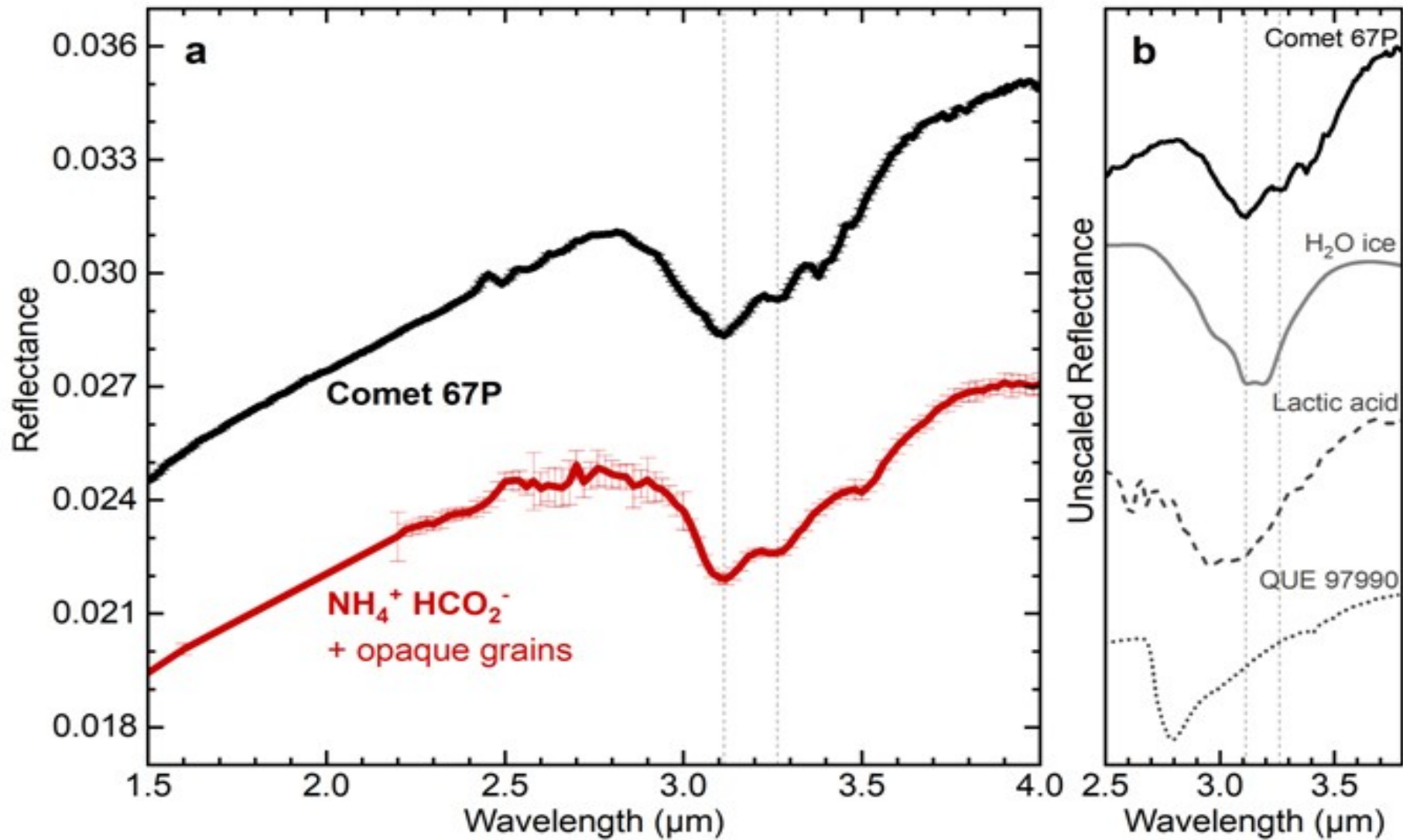
Confronto







# Individuazione del formiato di ammonio



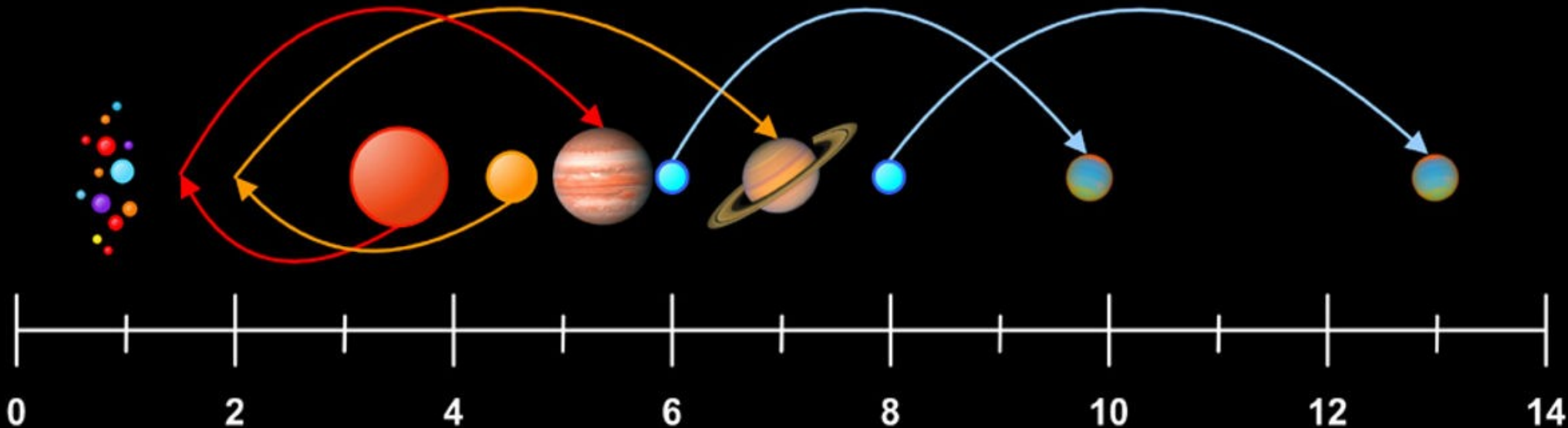
<u>Dimensions (small lobe)</u>	2.5 x 2.5 x 2.0 km	OSIRIS
<u>Dimensions (large lobe)</u>	4.1 x 3.2 x 1.3 km	OSIRIS
<u>Rotation</u>	12.4043 <u>hours</u>	OSIRIS
<u>Spin axis</u>	Right ascension: 69°; Declination: 64°	OSIRIS
<u>Mass</u>	10 <sup>13</sup> kg	RSI
<u>Volume</u>	25 km <sup>3</sup>	OSIRIS
<u>Density</u>	0.4 g/cm <sup>3</sup>	RSI/ OSIRIS
<u>Water vapour production rate</u>	0.3 l/sec (Jun 2014); 1–5 l/sec (Jul-Aug 2014)	MIRO
<u>Surface temperature</u>	205–230 K ( <u>Jul-Aug 2014</u> )	VIRTIS
<u>Subsurface temperature</u>	30–160 K ( <u>Aug 2014</u> )	MIRO
<u>Gases detected</u>	<u>Water, carbon monoxide, carbon dioxide, ammonia, methane, methanol</u>	ROSINA
<u>Dust grains</u>	A few tens of microns to a few hundreds of microns	COSIMA (detections also by GIADA)

# Importanti risultati successivi

- Scoperta della glicina nella chioma (ROSINA)
- Individuazione del materiale organico responsabile della banda a 320 nm (VIRTIS)
- Individuazione di affioramenti di ghiaccio in superficie (VIRTIS)
- Individuazione del sito d'atterraggio di Philae (OSIRIS)

# QUESTIONI APERTE

## Le migrazioni planetarie



The Grand Tack. Migration of the four giant planets through the Solar nebula over a period of 600,000 years. Distance is marked in astronomical units (AU). The narrow belt of planetesimals at 1 AU (the present orbit of Earth) later coalesced into the four terrestrial planets.