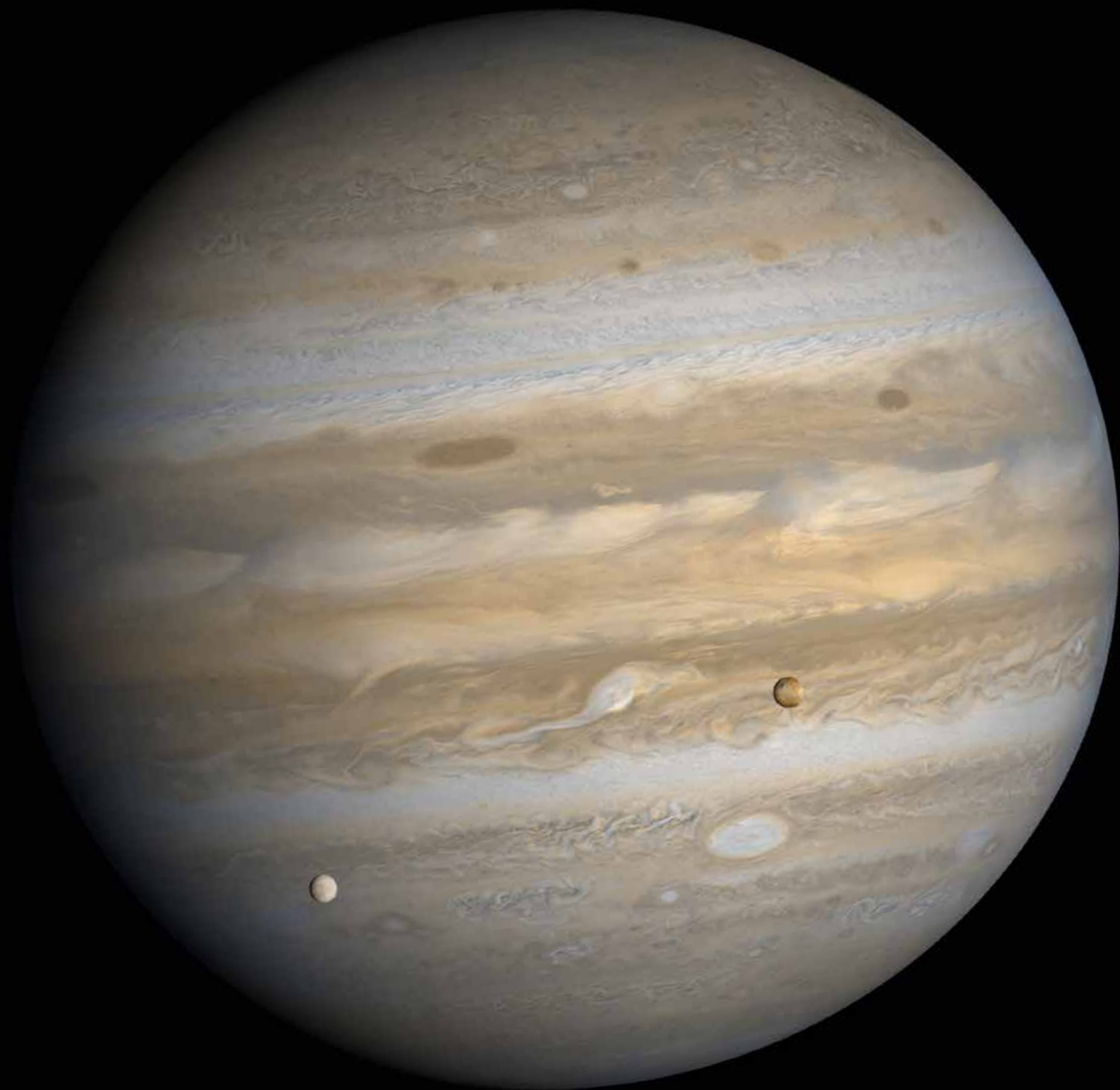


“ Proprio perché tutto era così bello, nasceva dentro di me un desiderio, sempre lo stesso: doveva esserci qualcosa di ancora più bello. Tutto sembrava dirmi: vieni! ”

C. S. Lewis



IL GIGANTE TEMPESTOSO

Giove è il più grande dei pianeti del Sistema Solare; detto “il gigante gassoso”, per dimensioni e composizione chimica può far pensare a una “stella mancata”.

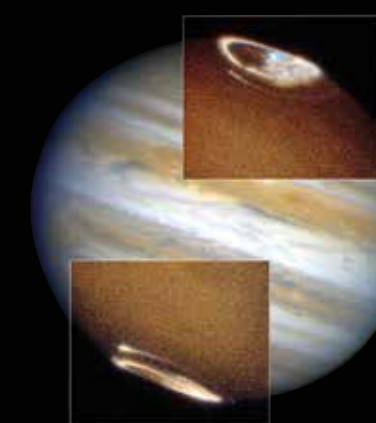
Le prime missioni spaziali dedicate al suo studio sono state le missioni Pioneer 10 e 11, Voyager 1 e 2 e Horizon che hanno effettuato un flyby negli anni '70 ottenendo le prime immagini del pianeta, dei suoi anelli e delle lune.

La prima missione a orbitare attorno al gigante gassoso, Galileo, è stata lanciata nel 1989 ed arrivata su Giove nel 1995. La missione Juno della NASA, lanciata nel 2011, è in orbita intorno a Giove dal 2016. Ne ha studiato la struttura interna, l'atmosfera e la magnetosfera. Le ultime missioni su Giove si concentrano sull'esplorazione del pianeta e delle sue lune ghiacciate principalmente per cercare tracce di abitabilità. La missione JUICE Jupiter Icy Moons Explorer dell'Agenzia Spaziale Europea è stata lanciata ad aprile 2023 e arriverà nel sistema gioviano nel 2031. Si concentrerà sullo studio dei satelliti Ganimede, Callisto ed Europa, cercando oceani d'acqua sotterranei per verificarne l'abitabilità.

Europa Clipper della NASA, lanciata a ottobre 2024, arriverà nel 2030. Effettuerà oltre 50 sorvoli ravvicinati di Europa, sempre per determinare se il suo oceano sotterraneo possa ospitare la vita. Queste missioni vedono un forte contributo scientifico italiano, con strumenti come JIRAM e KaT su Juno, e JANUS e MAJIS su JUICE.



La Grande Macchia Rossa di Giove ripresa dalla sonda Voyager 1 è una gigantesca tempesta attiva da diversi secoli. Grande tre volte la Terra, il GRS ("Great Red Storm") si trova nell'emisfero sud e ha le caratteristiche di un anticiclone: ruota quindi in senso antiorario; il centro del vortice rimane fisso, mentre le componenti più esterne gli ruotano intorno.



Aurora su Giove. Le spettacolari aurore (visibili soprattutto nei raggi X) di Giove, scoperte dalle sonde Voyager, sono dovute ai fasci di particelle catturate dal campo magnetico del pianeta che interagiscono con l'atmosfera.

6-22 luglio 1994: la cometa Shoemaker-Levy viene inghiottita dall'atmosfera gioviana. Grazie alla sua massa, Giove attrae a sé molti asteroidi e comete. Nell'immagine della Hubble Space Telescope si può notare la macchia scura, segno dell'impatto di uno dei frammenti della cometa.



Gli anelli di Giove ripresi dalla sonda Galileo. Gli anelli non sono visibili dalla Terra, poiché le polveri di cui sono costituiti riflettono meglio la luce solare verso l'esterno dell'orbita gioviana. Furono scoperti dalla Voyager 2 dopo aver superato il pianeta gigante. Le osservazioni di Galileo fanno pensare che gli anelli siano il risultato di impatti di Giove e dei suoi satelliti con altri corpi.



Fulmini su Giove. Le emissioni termiche di Giove riprese dal NASA Infrared Telescope Facility (Mauna Kea Observatory): nell'emisfero nord sono visibili fulmini, fino a 1000 volte più potenti di quelli terrestri.



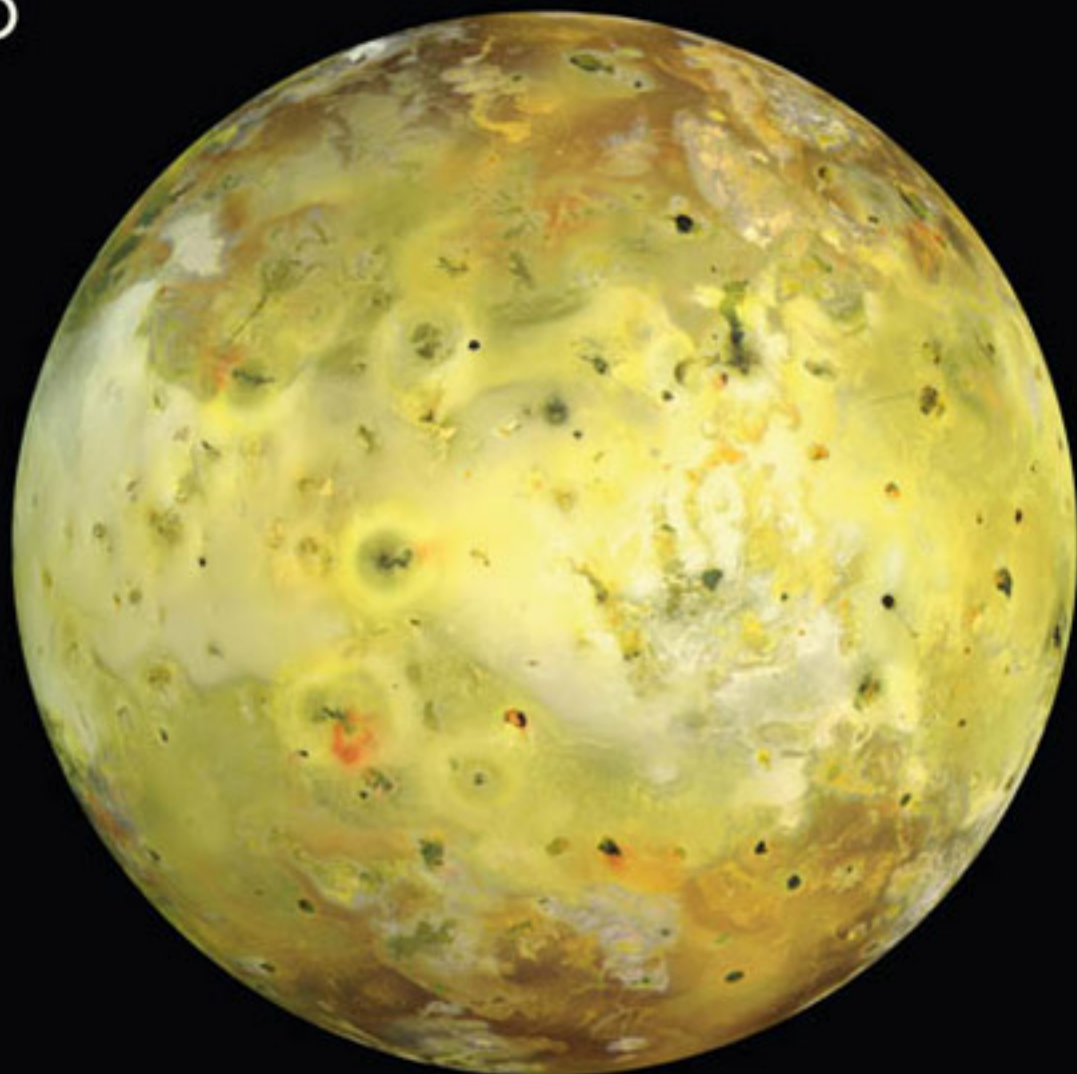
Proiezione sul piano rettangolare dell'atmosfera gioviana. L'atmosfera di Giove ha una evidente struttura a bande, causata dalla rapidissima rotazione del pianeta (1 rotazione in 10 ore); i differenti colori corrispondono ai vari elementi chimici e alle diverse velocità dei venti, che sulla superficie gioviana viaggiano in media a 130 m/s. Le enormi tempeste stazionarie hanno dinamiche interne ancora non del tutto comprese.

Giove

CONFRONTO CON LA Terra

Distanza dal Sole (minima)	740,5 x 10 ⁶ km	147,1 x 10 ⁶ km
Distanza dal Sole (massima)	816,6 x 10 ⁶ km	152,1 x 10 ⁶ km
Velocità media di rivoluzione intorno al Sole	13,07 km/s	29,78 km/s
Inclinazione dell'equatore rispetto all'orbita (°)	3,13°	23,44°
Periodo di rivoluzione	11,86 anni	365 giorni
Durata giorno	9,9 ore	24 ore
Raggio medio (km)	69 911 km	6371 km
Volume	1,43 x 10 ¹⁵ km ³	1,08 x 10 ¹² km ³
Massa	1,9 x 10 ²⁷ kg	5,97 x 10 ²⁴ kg
Densità	1,33 g/cm ³	5,51 g/cm ³
Gravità superficiale	24,79 m/s ²	9,81 m/s ²
Temperatura superficiale	-148 °C	14 °C
Numero satelliti	97	1
Composizione nucleo	Roccioso, circondato da idrogeno metallico liquido	Ferro e Nichel liquidi
Composizione atmosfera	Idrogeno, Elio	Azoto, Ossigeno

IO



LUNE DI GIOVE

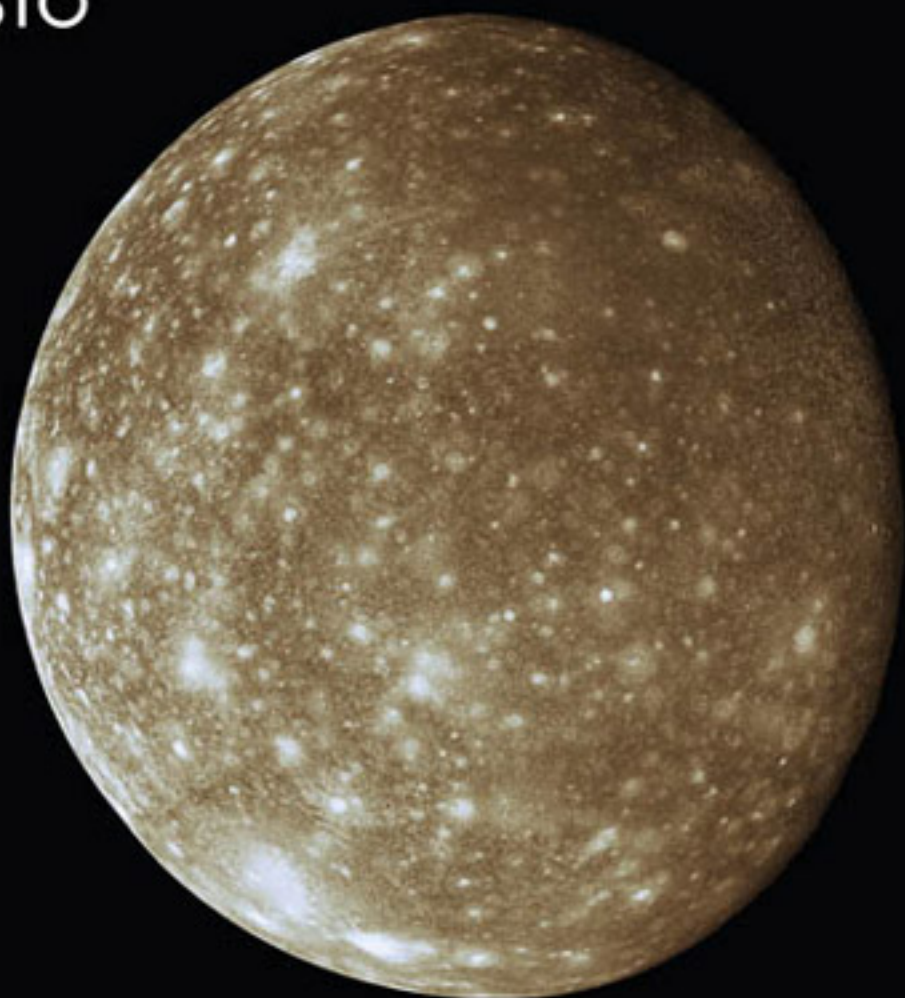
	IO	CONFRONTO CON LA LUNA
Distanza massima dal pianeta	423.529 km	363.104 km
Distanza minima dal pianeta	420.071 km	405.696 km
Raggio medio	1821,6 km	1.05 volte quello della Luna
Volume	$2,53 \cdot 10^6 \text{ km}^3$	1.15 volte quello della Luna
Massa	$89,319 \cdot 10^{21} \text{ kg}$	1.21 volte quello della Luna
Densità	$3,528 \text{ g/cm}^3$	1.025 volte quello della Luna
Gravità superficiale	$1,796 \text{ m/s}^2$	1.1 volte quello della Luna
Durata giorno	1,769 giorni terrestri	0,064 volte quello della Luna
Periodo di rotazione	1,769 giorni terrestri	0,064 volte quello della Luna
Temperatura superficiale	130° K	250° K

EUROPA



	EUROPA	CONFRONTO CON LA LUNA
Distanza massima dal pianeta	677.408 km	405.696 km
Distanza minima dal pianeta	664.792 km	363.104 km
Raggio medio	1560,8 km	0.9 volte quello della Luna
Volume	$1,53 \text{ km}^3$	0.7 volte quello della Luna
Massa	$4,7998 \cdot 10^{22} \text{ kg}$	0.65 volte quello della Luna
Densità	$3,013 \text{ g/cm}^3$	0.9 volte quello della Luna
Gravità superficiale	$1,315 \text{ m/s}^2$	0.81 volte quello della Luna
Durata giorno	3,551 giorni terrestri	0.13 volte quello della Luna
Periodo di rotazione	3,551 giorni terrestri	0.13 volte quello della Luna
Temperatura superficiale	103° K	250° K

CALLISTO



LUNE DI GIOVE

	CALLISTO	CONFRONTO CON LA LUNA
Distanza massima dal pianeta	1.896.632 km	405.696 km
Distanza minima dal pianeta	1.868.768 km	363.104 km
Raggio medio	2.410 km	1,39 volte quello della Luna
Volume	$58.654 \times 10^3 \text{ km}^3$	2,67 volte quello della Luna
Massa	$1,0759 \times 10^{21} \text{ kg}$	1,47 volte quella della Luna
Densità	$1,834 \text{ g/cm}^3$	0,55 volte quella della Luna
Gravità superficiale	$1,236 \text{ m/s}^2$	0,76 volte quella della Luna
Durata giorno	16,689 giorni	0,61 volte quello della Luna
Periodo di rotazione	16,689 giorni	0,61 volte quello della Luna
Temperatura superficiale	120° K	250° K

GANIMEDE



	GANIMEDE	CONFRONTO CON LA LUNA
Distanza massima dal pianeta	1.071.792 km	405.696 km
Distanza minima dal pianeta	1.069.008 km	363.104 km
Raggio medio	2.631 km	1,51 volte quello della Luna
Volume	$76.304 \times 10^3 \text{ km}^3$	3,6 volte quello della Luna
Massa	$1,4819 \times 10^{21} \text{ kg}$	2,01 volte quella della Luna
Densità	$1,942 \text{ g/cm}^3$	0,58 volte quella della Luna
Gravità superficiale	$1,428 \text{ m/s}^2$	0,88 volte quella della Luna
Durata giorno	7,155 giorni	0,26 volte quello della Luna
Periodo di rotazione	7,155 giorni	0,26 volte quello della Luna
Temperatura superficiale	109° K	250° K

OBIETTIVO GIOVE

“ Si è spesso portati a pensare che, una volta che uno di questi oggetti è lanciato, non resti che la routine. È tutto tranne che una routine! Dobbiamo risolvere problemi tecnologici molto stimolanti, sotto tabelle di marcia strettissime. Facciamo uno dei più grandi lavori da Sherlock Holmes che si possa immaginare ”

William J. O'Neil,
responsabile del progetto Galileo

La missione Galileo, lanciata con lo Space Shuttle il 18 ottobre 1989, fu caratterizzata da un susseguirsi di inconvenienti e fatti imprevisti. Il più drammatico fu la mancata apertura dell'antenna principale del satellite: solo l'ingegno e la creatività del team di Galileo permisero di superare un problema che avrebbe altrimenti minato il buon esito dell'intera spedizione.

La sonda, all'arrivo su Giove, "sbagliò" la traiettoria prevista di soli 108 km.

Altrettanto fuori programma fu l'osservazione dell'impatto della cometa Shoemaker-Levi con l'atmosfera gioviana avvenuta nel luglio 1994, ancor prima che la sonda iniziasse ad orbitare intorno a Giove. Le immagini trasmesse da Galileo offrono l'unica testimonianza diretta dell'evento, non osservabile da Terra.

Galileo fu il primo satellite a entrare in orbita attorno a Giove. Subito dopo il suo arrivo venne sganciata una sonda che ne ha investigato la composizione atmosferica; ha rilevato che le abbondanze relative degli elementi sono diverse da quelle del Sole: c'è stata quindi una evoluzione di Giove da quando il pianeta si è formato dalla nube solare.

Il successo di Galileo spinse ad estendere la durata della missione per due volte, passando dai due anni inizialmente programmati ad otto. Si è definitivamente conclusa il 21 settembre 2003 quando la sonda è entrata in collisione con Giove.



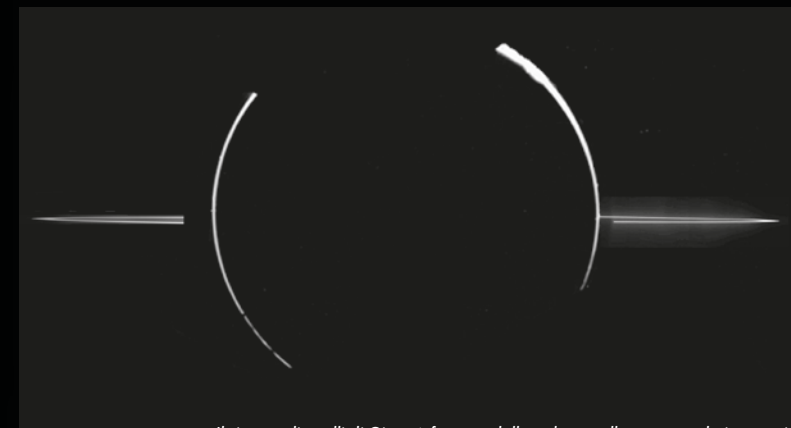
Impatto del frammento W della cometa Shoemaker-Levi con la superficie di Giove ripreso dalla sonda Galileo



Immagini dei pennacchi vulcanici sulla superficie di IO. L'attività vulcanica è molto più estesa ed intensa di quella presente oggi sulla Terra: il calore e la frequenza delle eruzioni ricordano la Terra primordiale



I sorvoli ravvicinati della luna Europa diedero la prova definitiva della presenza di un oceano d'acqua sotto la sua superficie rendendolo candidato ad aver ospitato forme di vita, seppure elementari, nel Sistema Solare. Osservazioni successive con i telescopi spaziali hanno confermato l'esistenza di pennacchi di vapore che s'innalzano fino a 200 chilometri e la presenza di anidride carbonica, suggerendo scambi attivi tra la superficie e l'oceano sotterraneo.



Il sistema di anelli di Giove è formato dalla polvere sollevata quando i meteoriti interplanetari si schiantano contro le quattro piccole lune interne del pianeta. L'anello più esterno è in realtà costituito da due anelli, uno incastonato nell'altro

GALILEO IN CIFRE

PESO COMPLESSIVO	2500 kg
TRAIETTORIA	tre fionde gravitazionali (Venere-Terra-Terra)
DISTANZA PERCORSO SINO A GIOVE	2,4 miliardi di km
VELOCITÀ MEDIA SINO A GIOVE	70800 km/h
PESO SONDA ATMOSFERICA	340 kg
TEMPERATURE SOPPORTATE DALLA SONDA NELL'ATMOSFERA GIOVIANA	14000 K
COSTO COMPLESSIVO	1,4 miliardi di \$



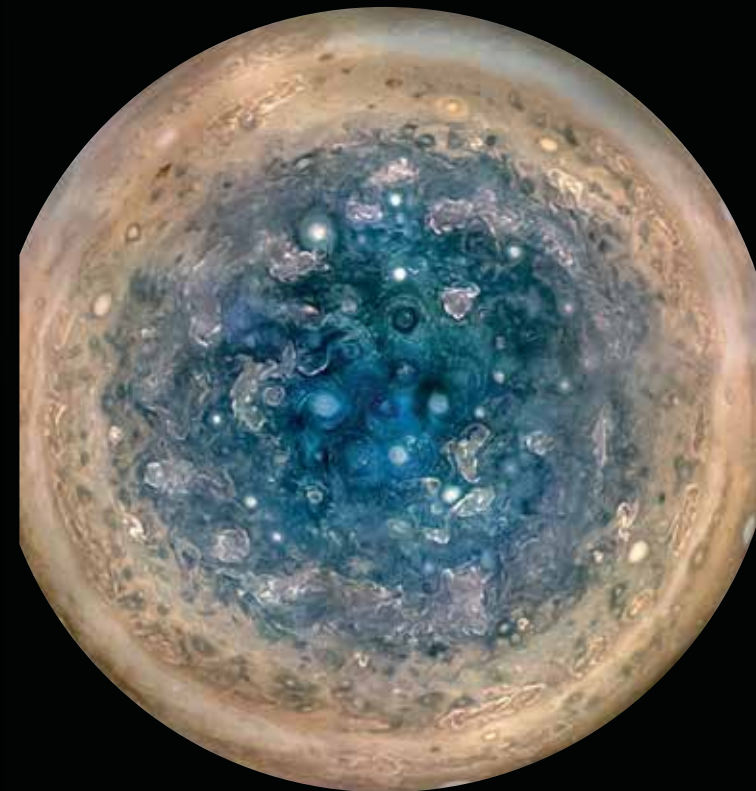
La sonda Galileo in laboratorio

JUNO

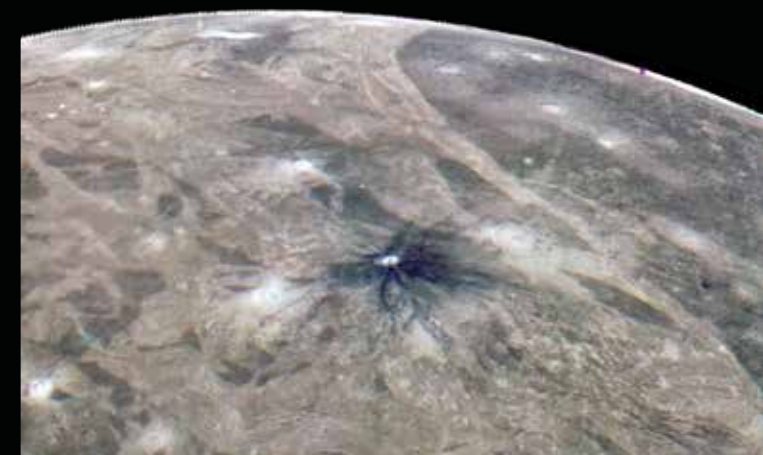
Da quando è arrivata intorno a Giove nel 2016, la sonda Juno ha esplorato le profondità delle nuvole che avvolgono il pianeta. Il suo obiettivo principale è comprendere l'origine e l'evoluzione di Giove: sotto la sua coltre di nubi, infatti, Giove custodisce i segreti dei processi e delle condizioni che hanno governato la formazione del nostro sistema solare.

La sonda ha scoperto che le fasce di nubi multicolori che circondano il pianeta si estendono per circa 3.000 chilometri al di sotto della sommità delle nubi. Le misure dell'intenso campo magnetico di Giove -dovuto alla presenza di idrogeno metallico liquido- hanno suggerito che il suo nucleo, che si riteneva solido, sia molto più grande del previsto ma senza una netta separazione dall'idrogeno che lo circonda, il che ha portato a descriverlo come "diluito", o "sfocato".

Juno ha completato la sua missione primaria a metà del 2021 ed è poi passata a esplorare l'intero sistema gioviano: la polvere negli anelli deboli del pianeta e le lune Ganimede, Europa e Io. Ha scoperto anche che le aurore di *Ganimede* - l'unica luna del Sistema solare a possedere un proprio campo magnetico - presentano strutture identiche a quelle terrestri, nonostante siano prodotte da interazioni diverse. Ha osservato vulcani attivi e laghi di lava sulla tempestosa luna *Io*. Ha trovato prove dell'esistenza degli ingredienti necessari per la vita nell'oceano di acqua salata che si trova sotto la crosta di ghiaccio di Europa.



Il polo sud di Giove osservato da un'altitudine di 52.000 chilometri. I cicloni hanno un diametro fino a 1.000 chilometri



Il cratere Kittu sulla superficie di Ganimede. Ha un diametro di circa 15 chilometri ed è circondato da materiale più scuro prodotto da contaminazioni durante l'impatto che lo ha formato. Col passare del tempo, i raggi rimangono scuri perché sono leggermente più caldi dell'ambiente circostante: il ghiaccio viene allontanato per condensarsi sul terreno più freddo e luminoso nelle vicinanze. La foto originale è stata scattata durante un passaggio ravvicinato, a soli 1046 km dalla superficie

JUNO IN CIFRE

PESO COMPLESSIVO	3625 kg
TRAIETTORIA	una fionda gravitazionale (Terra)
DISTANZA PERCORSA SINO A GIOVE	2,8 miliardi di km
VELOCITÀ MEDIA SINO A GIOVE	65000 km/h
COSTO COMPLESSIVO	1,13 miliardi di \$

ALLA SCOPERTA DI SATURNO E DEI SUOI COMPAGNI

Immagine in falsi colori di Titano: si intravedono le sagome dei grandi mari del satellite, come il Kraken e il Ligeia, composti interamente da idrocarburi



Immagine tempesta saturno:
Grande tempesta a circa 35° nord di latitudine sulla superficie di Saturno



I geyser sulla superficie di Encelado

La prima foto dalla superficie di Titano
ripresa dalla sonda Huygens

CASSINI-HUYGENS IN CIFRE

PESO COMPLESSIVO	2.125 Kg
DIMENSIONI	6,7 metri x 4 metri
TRAIETTORIA	quattro fionde gravitazionali (Venere-Venere-Terra-Giove)
DISTANZA PERCORSO SINO A SATURNO	2,2 miliardi di Km
VELOCITÀ MEDIA SINO A SATURNO	54.200 Km/h
DISTANZA PERCORSO DALL'ARRIVO A SATURNO	3,21 miliardi di Km
PESO DELLA SONDA HUYGENS	320 Kg
COSTO COMPLESSIVO	circa 3,27 miliardi di \$



Assemblaggio della sonda Cassini-Huygens

Dopo la "conquista" di Giove, gli sforzi della NASA si sono indirizzati allo studio del secondo gigante gassoso del Sistema Solare: Saturno. Ben presto gli scienziati americani si resero conto che affrontare un progetto così costoso e scientificamente complesso era impossibile con le loro sole forze. La Missione, battezzata *Cassini-Huygens*, composto da un orbiter e da una sonda, divenne così una delle prime collaborazioni fra differenti Agenzie Spaziali: NASA, Agenzia Spaziale Europea (ESA) e l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI).

Il lancio del modulo, tra i più grandi mai mandati nello spazio, avvenne nel 1997, per entrare nell'orbita di Saturno nel 2004, dopo ben quattro assist gravitazionali: due da Venere, uno dalla Terra e uno da Giove. Gli scopi della missione erano molteplici: studiare Saturno, la composizione e la dinamica dell'atmosfera, l'origine e la natura del sistema di anelli, la magnetosfera, oltre alle sue lune -in particolare Titano ed Encelado-. Su *Titano* è stata sganciata la sonda *Huygens* che, attraversando la densa atmosfera, ha funzionato poche ore sulla superficie mandando immagini uniche. In seguito, i numerosi flyby di Cassini su Titano hanno permesso agli scienziati di farsi un'idea di come potesse essere la Terra prima che la vita si evoltesse: si ritiene infatti che Titano presenti molte analogie con la Terra, tra cui laghi, fiumi, canali, dune, pioggia, nuvole, montagne e forse anche vulcani. La futura missione *Dragonfly* della NASA volerà in vari punti di Titano per studiare processi chimici che hanno preceduto la biologia qui sulla Terra.

Cassini ha poi scoperto che *Encelado*, considerato uno degli oggetti più brillanti del Sistema Solare (la superficie è ricoperta da uno strato di acqua ghiacciata che causa una forte albedo), risulta geologicamente attivo, ha un punto caldo al polo sud, oltre a getti sulla superficie che espellono cristalli di ghiaccio e acqua liquida da sotto la sua superficie. Cassini ha confermato che questi pennacchi alimentano di particelle l'anello più esterno di Saturno. Ha anche rilevato la presenza di un esteso oceano sotterraneo che potrebbe avere condizioni adatte alla vita.

Cassini ha effettuato 294 rivoluzioni attorno a Saturno: incontri ravvicinati che hanno permesso di studiare alcuni strani fenomeni che coinvolgono il pianeta, come il ciclone di forma esagonale situato al polo nord, scoperto dalle Voyager. Un altro mistero chiarito è stato quello delle cosiddette "moonlet waves", vere e proprie "onde" che erano state osservate all'interno degli anelli di Saturno. Le osservazioni hanno confermato l'intuizione - prima solo teorica - che si tratti di fenomeni causati da numerose piccole lune "incastonate" nel sistema di anelli. La missione, inizialmente progettata per concludersi nel 2008, è stata estesa due volte e si è conclusa il 15 settembre 2017, con un *Grand Finale*, una sequenza di 22 orbite ravvicinate seguite dalla distruzione controllata nell'atmosfera di Saturno per evitare qualsiasi rischio di contaminazione delle sue lune potenzialmente abitabili. Durante questa caduta la sonda ha rivelato che il pianeta ha un nucleo più grande e diffuso del previsto.



“Lo stupore è uno stordimento d'animo per grandi e meravigliose cose vedere o udire o per alcuno modo sentire: che, in quanto paiono grandi, fanno reverente a sé quelli che le sente; in quanto paiono mirabili, fanno voglioso di sapere di quelle”

Dante - Convivio, IV, XXV, 5

IL SIGNORE DEGLI ANELLI

Saturno è caratterizzato da forti venti e correnti che talvolta raggiungono velocità di circa 500 m/s, quasi quattro volte la velocità dei venti più veloci di Giove e dieci volte la forza di uragano sulla Terra. I venti dominanti di Saturno soffiano verso est, nella stessa direzione della rotazione planetaria, sono presenti a quasi tutte le latitudini e raggiungono le velocità massime all'equatore. Nonostante i suoi venti impetuosi, Saturno non presenta le tipiche strutture a fascia dinamiche e colorate di Giove. A differenza di Giove, infatti, Saturno è mascherata da uno strato di polveri che rendono la sua superficie uniforme ai nostri occhi (cioè nel range del visibile). In rare occasioni enormi nubi temporalesche di ghiaccio di ammoniaca, riscaldandosi, risalgono oltre lo strato opaco superficiale e risultano visibili.



Schema degli anelli di Saturno da un mosaico di immagini della sonda Cassini. Gli anelli A, B e C sono dominati dal ghiaccio d'acqua cristallino, acqua con una bassa presenza di impurità di materiali organici refrattari. La composizione chimica delle particelle dà origine a variazioni di colore nei diversi anelli. In genere la maggior parte degli anelli di Saturno (in particolare negli anelli A e B), mostrano la presenza di una forte componente di particelle macroscopiche (in particolare il loro raggio è compreso tra il metro e il chilometro). Negli anelli C e D le dimensioni delle particelle sono dell'ordine delle decine di micron, e infine, negli anelli E ed F è presente una forte componente di particelle microniche e submicroniche (cioè di dimensioni inferiori a un milionesimo di metro).



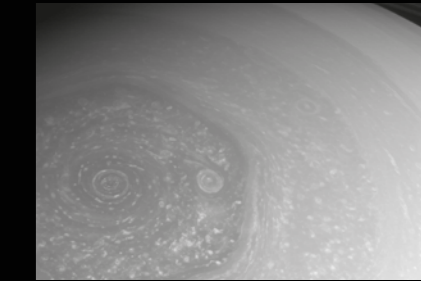
L'aurora al Polo sud di Saturno. Rielaborazione grafica di una immagine dello Hubble Space Telescope



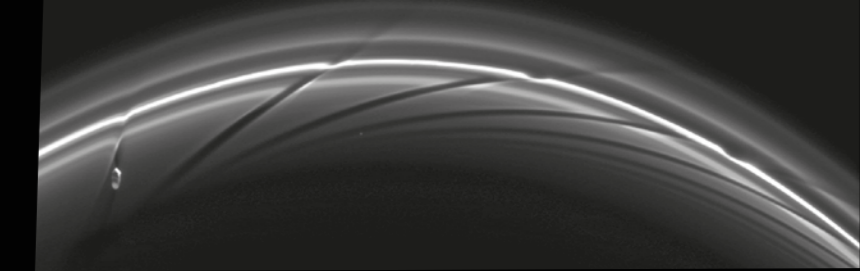
Immagine degli anelli scattata dalla sonda Cassini. Partendo dall'interno si possono distinguere gli anelli D, C, B e A (più densi), il satelite e molto luminoso anello F e i due anelli più esterni e rarefatti, G ed E



Foto in falsi colori del vortice tempestoso esattamente al Polo Nord di Saturno. Le sue dimensioni sono pari circa a quelle della Terra

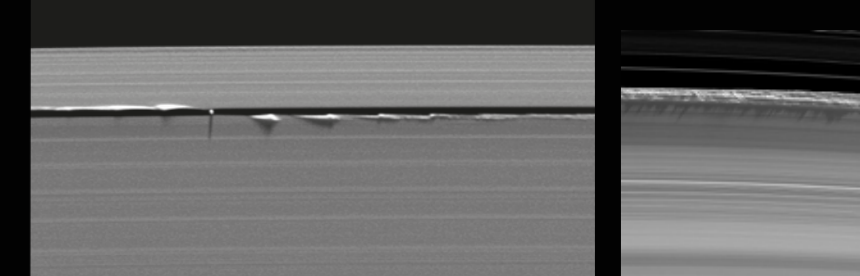


La tempesta esagonale di Saturno ripresa in luce visibile dalla sonda Cassini. La stabilità nel tempo e l'origine della forma perfettamente esagonale della gigantesca tempesta intorno al Polo Nord di Saturno resta a oggi un mistero



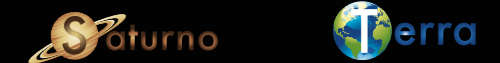
Interazione del satellite Prometheus con l'anello F ripresa dalla sonda Cassini

Onde di densità negli anelli di Saturno. L'attrazione gravitazionale combinata di Saturno e delle lune vicine può ridistribuire le particelle dall'anello e così scolpire e dare forme alle strutture osservate. Anche se queste piccole lune, dette "satelliti pastore", esercitano solo una debole attrazione gravitazionale sulle particelle negli anelli, il loro contributo diventa importante quando il loro periodo orbitale e il periodo orbitale delle particelle sono frazioni esatte, in questo caso si parla di effetti di risonanza. Questa particolare effetto e l'attrazione gravitazionale di Saturno verso l'interno possono respingere e allargare le particelle degli anelli creando l'alternanza di anelli più bassi e a più alta concentrazione. Si generano onde di densità, che possono propagarsi radialmente attraverso gli anelli. Il passaggio dei satelliti pastore nei "gap" produce non solo onde di densità radiali ma anche oscillazioni tangenziali al moto del satellite stesso e ortogonali al piano, cioè al di fuori del piano. Sembrano le scie lasciate dalle navi dopo il loro passaggio nell'acqua.



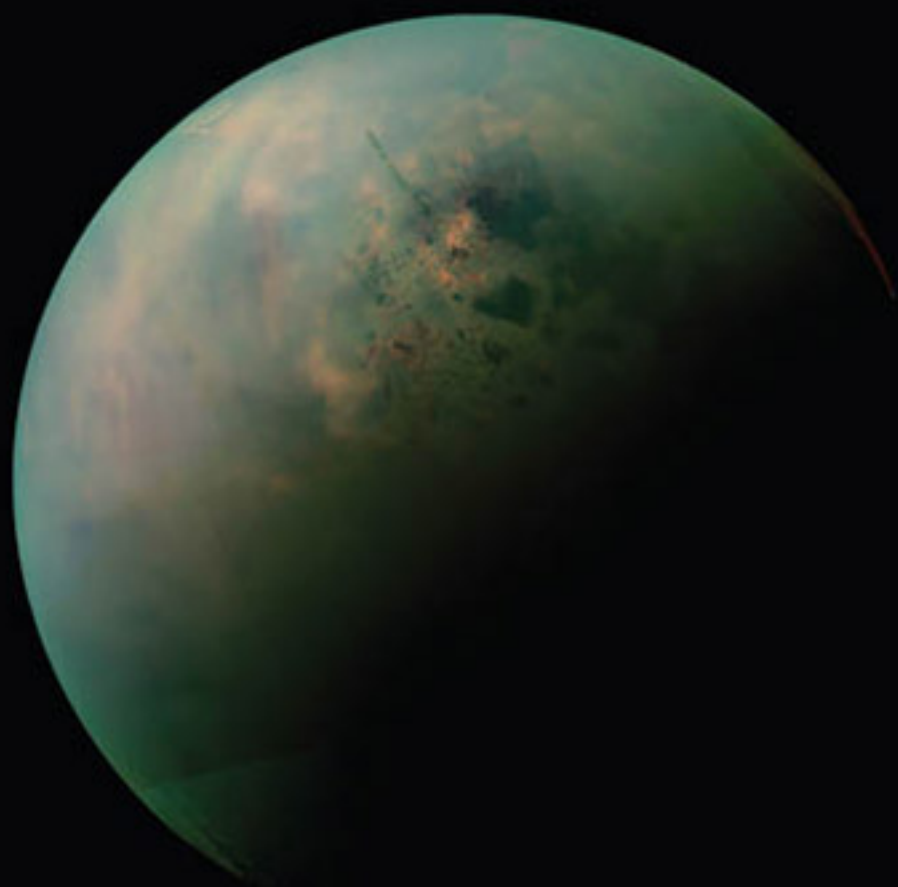
Il passaggio del satellite pastore Pan all'interno della divisione di Encke, nell'anello A, ripresa dalla sonda Cassini

Strutture verticali al bordo dell'anello B riprese dalla sonda Cassini. Queste strutture sono fra le più alte viste in tutti gli anelli di Saturno ed emergono improvvisamente, generando le lunghe ombre che si notano sull'anello



	Saturno	Terra
Distanza dal Sole (minima)	1352,6 x 10 ⁶ km	147,1 x 10 ⁶ km
Distanza dal Sole (massima)	81514,5 x 10 ⁶ km	152,1 x 10 ⁶ km
Velocità media di rivoluzione intorno al Sole	9,69 km/s	29,78 km/s
Inclinazione dell'equatore rispetto all'orbita (°)	26,73°	23,44°
Periodo di rivoluzione	29,46 anni	365 giorni
Durata giorno	10,6 ore	24 ore
Raggio medio (km)	58232 km	6371 km
Volume	8,27 x 10 ¹⁴ km ³	1,08 x 10 ¹² km ³
Massa	5,7 x 10 ²⁶ kg	5,97 x 10 ²⁴ kg
Densità	0,69 g/cm ³	5,51 g/cm ³
Gravità superficiale	10,44 m/s ²	9,81 m/s ²
Temperatura superficiale	-139 °C	14 °C
Numero satelliti	64 + 210 satelliti minori detti "moonlet"	1
Composizione nucleo	Roccioso, circondato da idrogeno metallico liquido	Ferro e Nichel liquidi
Composizione atmosferica	Idrogeno, Elio	Azoto, Ossigeno

TITANO



LUNE DI SATURNO

	TITANO	CONFRONTO CON LA LUNA
Distanza massima dal pianeta	1.257.060 km	405.696 km
Distanza minima dal pianeta	1.186.680 km	363.104 km
Raggio medio	2.576 km	1,480 volte quello della Luna
Volume	$7,16 \cdot 10^{17} \text{ km}^3$	3,3 volte quello della Luna
Massa	$1,3452 \cdot 10^{23} \text{ kg}$	1,831 volte quello della Luna
Densità	$1,8798 \text{ g/cm}^3$	0,5617 volte quello della Luna
Gravità superficiale	$1,352 \text{ m/s}^2$	0,85 volte quello della Luna
Durata giorno	15,95 ore	0,5825 volte quello della Luna
Periodo orbitale	15,95 ore	0,5825 volte quello della Luna
Temperatura media superficiale	94°K	250°K

ENCELADO

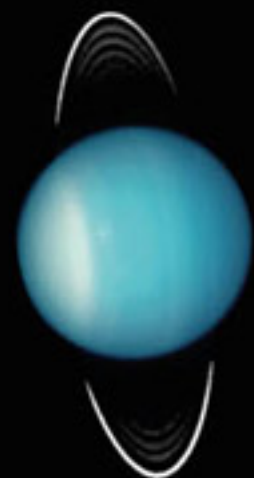


	ENCELADO	CONFRONTO CON LA LUNA
Distanza massima dal pianeta	238.020 km	405.696 km
Distanza minima dal pianeta	235.710 km	363.104 km
Raggio medio	252 km	0,1451 volte quello della Luna
Volume	$6,71 \cdot 10^8 \text{ km}^3$	0,03 volte quello della Luna
Massa	$1,0802 \cdot 10^{21} \text{ kg}$	0,0014 volte quello della Luna
Densità	$1,609 \text{ g/cm}^3$	0,48 volte quello della Luna
Gravità superficiale	$0,114 \text{ m/s}^2$	0,07 volte quello della Luna
Durata giorno	1,3701 giorni	0,05 volte quello della Luna
Periodo orbitale	1,3701 giorni	0,05 volte quello della Luna
Temperatura media superficiale	75°K	250°K



URANO

Urano e Nettuno sono chiamati anche giganti di ghiaccio, per la loro composizione chimica simile, molto ricca di acqua, ammoniaca e metano ghiacciati. Urano ha l'atmosfera più fredda fra i pianeti del Sistema Solare, con temperature sotto i -200 gradi. La caratteristica più particolare di Urano è la sua rotazione atipica: mentre quasi tutti i pianeti ruotano attorno al proprio asse da ovest verso est, Urano ruota su se stesso da est verso ovest, cioè in senso antiorario. L'asse di rotazione, inoltre, è inclinato di 98° gradi rispetto al piano dell'orbita, e porta il pianeta quasi a "rotolare" sul piano dell'orbita.



Urano e i suoi anelli. Si illustra la particolare inclinazione del suo asse di rotazione (Immagine NASA)



Immagine agli infrarossi di Urano con anelli a luce (Immagine NASA)

I GEMELLI AZZURRI

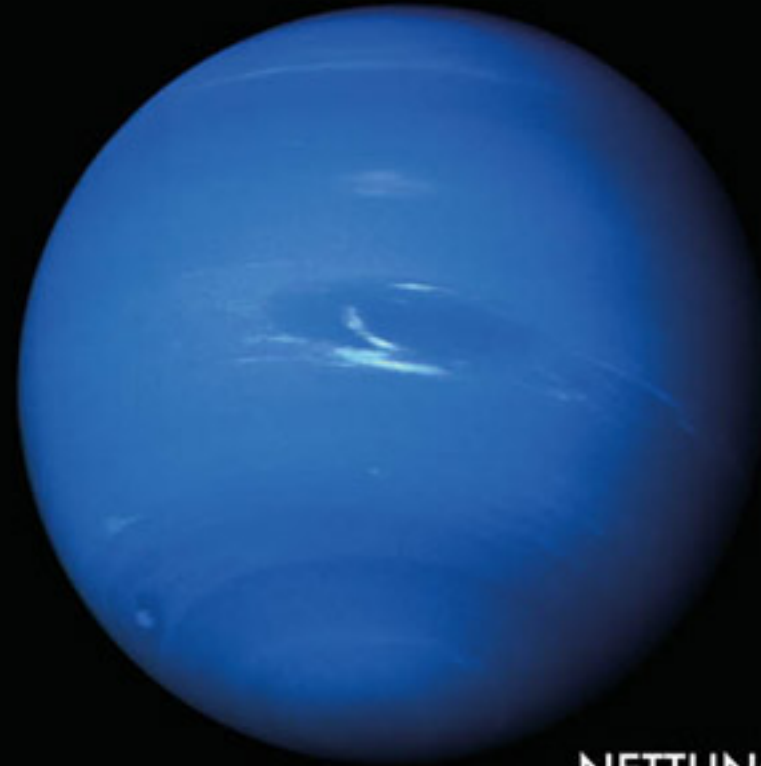
Inizialmente non si riuscivano a distinguere strutture ben definite dell'atmosfera e dei venti, ma grazie al lavoro del Voyager 2, che ha continuato a fare fotografie del pianeta durante tutto l'anno 1985, si è potuto fare un notevole lavoro sulle immagini. Sottraendo il contributo della luce solare, che dava un aspetto di uniformità al pianeta, si è scoperta una notevole attività atmosferica. Gli scienziati avevano un interrogativo aperto riguardo alla presenza su Urano di un campo magnetico, mai misurato da Terra. Pochi giorni prima del suo massimo avvicinamento al pianeta, si riuscì a captare i primi segnali della presenza di un campo magnetico, di intensità paragonabile a quella del campo magnetico terrestre. Con una inclinazione anomala dell'asse magnetico di 60° rispetto all'asse di rotazione, e con una struttura delle linee di forza molto più complessa del previsto, l'asse magnetico di Urano (come quello di Nettuno) non passa attraverso il nucleo del pianeta, indicando un'origine negli strati più alti della sua atmosfera.

Per questa ragione la magnetosfera di Urano è fortemente asimmetrica. Si sono avanzate alcune ipotesi che spieghino queste anomalie: il fatto che Urano sia in una fase di inversione del campo magnetico, o l'influenza dell'asse di rotazione anch'esso inclinato, oppure -per spiegare l'asimmetria- che il suo dipolo magnetico abbia origine in correnti formate negli densi oceani di acqua e ammoniaca a circa 2/3 di profondità dalla sua superficie.

Il viaggio della sonda Voyager 2 verso Urano e Nettuno è esemplificativo del valore dell'osservazione diretta, quando possibile, degli oggetti di studio. E' la dinamica propria dell'esplorazione: non ci si accontenta di guardare da lontano, ma si va a "toccare con mano" per avvicinarsi il più possibile a delle risposte. La maggior parte dei dati sui due pianeti infatti li abbiamo proprio grazie a Voyager, poiché da Terra è impossibile compiere osservazioni dell'accuratezza richiesta. Un esempio su tutti è la misurazione accurata del periodo di rotazione: 17h e 24 min per Urano, e 16h e 3min per Nettuno.

La cosa sorprendente è il poco tempo, relativamente alla durata della missione, avuto a disposizione dalla sonda per raccogliere tutti questi dati: la sua permanenza nei pressi di Urano è durata poco più di due giorni uraniani, mentre le foto di Nettuno sono state scattate in una sola notte (24/08/89).

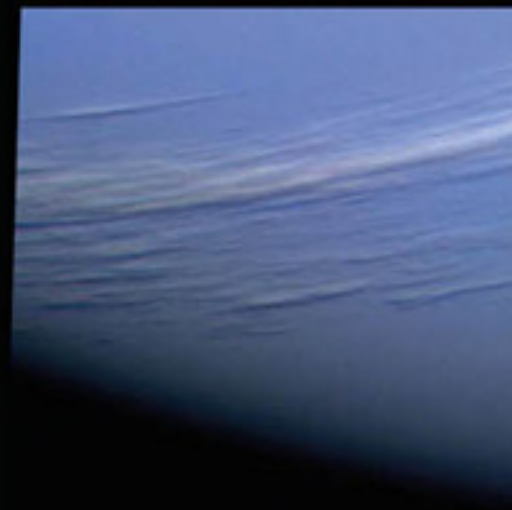
Anche il campo magnetico di Nettuno manifesta anomalie: l'asse di dipolo magnetico è inclinato di 50° rispetto all'asse di rotazione. La somiglianza con il caso di Urano è fondamentale per valutare le prime ipotesi fatte ed avanzarne di nuove: una delle più accreditate attribuisce l'anomalia alla loro simile struttura interna. Questa è una delle tante domande poste dal Grand Tour del Voyager, che rimangono del tutto aperte. Prima del flyby da parte del Voyager 2, la nostra conoscenza di Nettuno non lasciava presagire nulla di particolare, eppure proprio questo pianeta risulta fondamentale per approfondire il problema del campo magnetico dei pianeti gassosi ed è il più attivo dal punto di vista atmosferico.



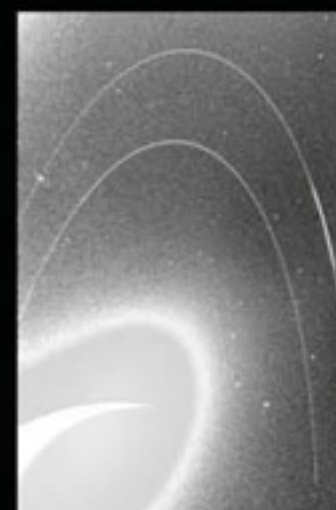
NETTUNO

Nettuno è l'unico pianeta la cui esistenza è stata predetta matematicamente, a causa di anomalie nell'orbita di Urano, prima che fosse effettivamente visto da un telescopio: fu avvistato nel 1846.

La sua intensa attività atmosferica ha sorpreso gli scienziati. Possiede infatti sistemi di cicloni paragonabili a quelli di Giove: un esempio è il Great Dark Spot, tempesta ciclonica che ruota sul pianeta, di dimensioni paragonabili alla Terra. Nettuno ha il primato, nell'intero Sistema solare, per quanto riguarda l'intensità di venti retrogradi.



Formazioni nuvolose nell'atmosfera di Nettuno (Immagine della sonda Voyager 2)



Prima immagine degli anelli di Nettuno (Immagine della sonda Voyager 2)

“ Siamo lieti di essere perplessi. Si impara di più quando si trovano cose che non si possono spiegare facilmente. Se si osservano fenomeni immediatamente interpretabili, allora è probabile che ci sia poco da imparare e che si tratti di cose che sapevamo già ”

Edward Stone

Come sappiamo che il Voyager 1 è uscito del Sistema Solare? Cosa ha segnato questo passaggio? Cosa ha visto Voyager 1 ai confini del Sistema Solare?

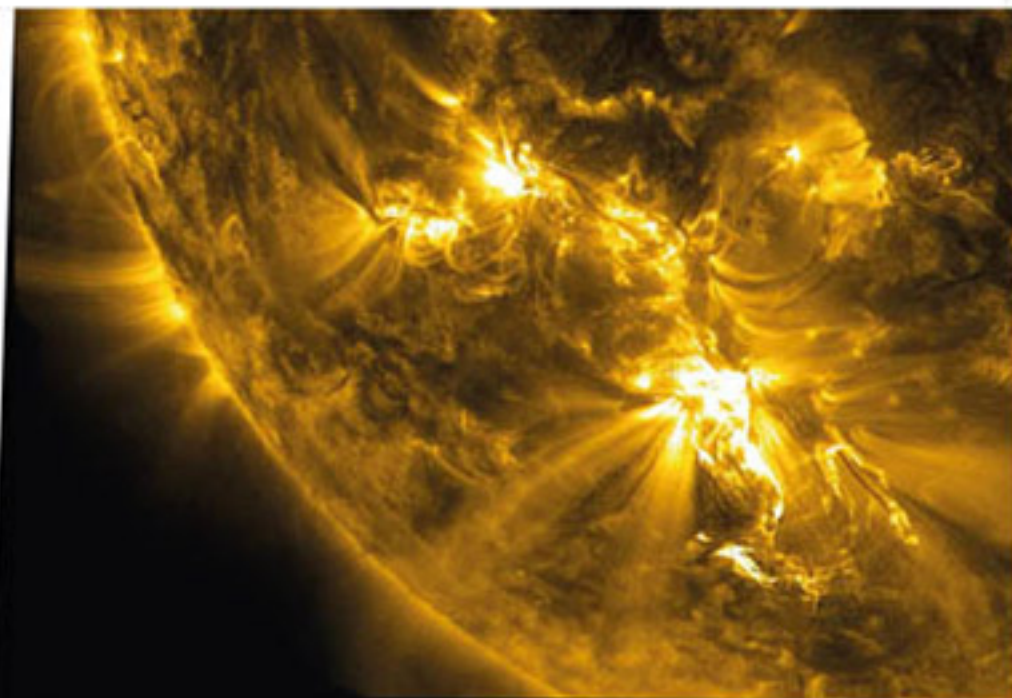
L'attività solare è responsabile della produzione di quello che chiamiamo vento solare: un flusso continuo di particelle (chiamate anche raggi cosmici) e campi magnetici -cioè, un plasma- che si propaga dal centro verso l'esterno del Sistema Solare. Questo vento solare può essere osservato per esempio nelle immagini dei satellite SOHO e SDO della NASA, dedicati allo studio del Sole, dove anche le linee di campo magnetico che formano dei canali di propagazione delle particelle sono chiaramente visibili.

MISURANDO IL VENTO STELLARE

A una distanza sufficientemente grande dal Sole, il vento perde forza e si scontra col vento stellare che arriva da fuori del sistema solare, creando una zona di collisione fra i due plasma. Questa zona di transizione è quello che segna la frontiera dell'Eliosfera dallo spazio interstellare, dove l'influenza della attività solare non è più dominante.

Il segnale che il Voyager ha varcato i confini dell'Eliosfera è avvenuto il 25 Agosto 2013, quando è stato misurato un calo nella densità di raggi cosmici solari (ioni di bassa energia), accompagnato da una crescita nella densità di elettroni, protoni e particelle alfa di più alta energia, che hanno origine in altre parti della Galassia e compongono il plasma interstellare. Questo è precisamente quello che si vede nel grafico che riporta i conteggi.

Gli strumenti usati per fare queste misure - rivelatori di particelle e d'onde di plasma, e il magnetometro- sono gli ultimi strumenti ancora attivi nel Voyager, lasciati accesi ancora oggi per permettere queste misure e darci informazioni sulle periferie geografiche del Sistema Solare.



La fotosfera del Sole, al prossimo natura i caratteristici "filamenti" generati dal campo magnetico solare che si proietta fra un punto e l'altro della superficie solare (Crediti: SDO, NASA)

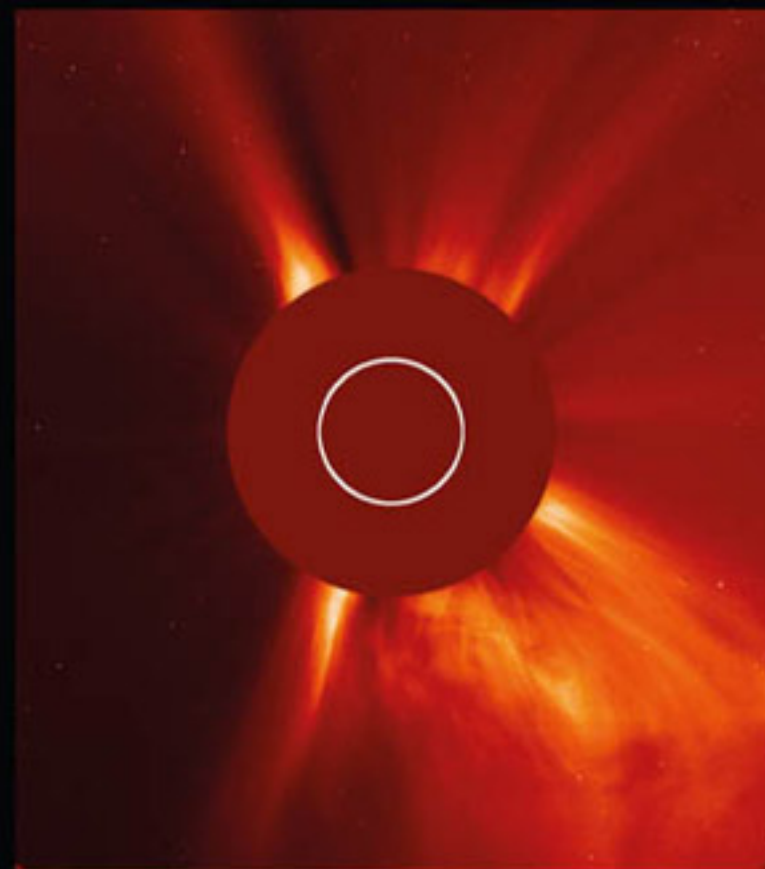
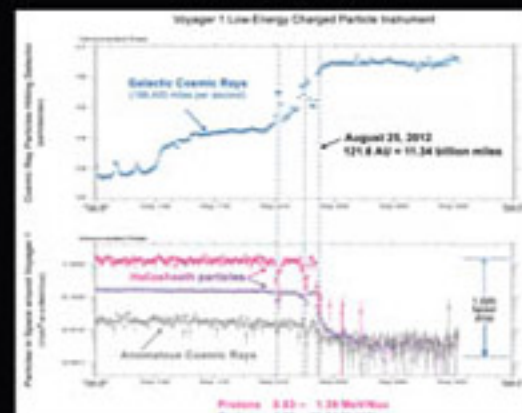


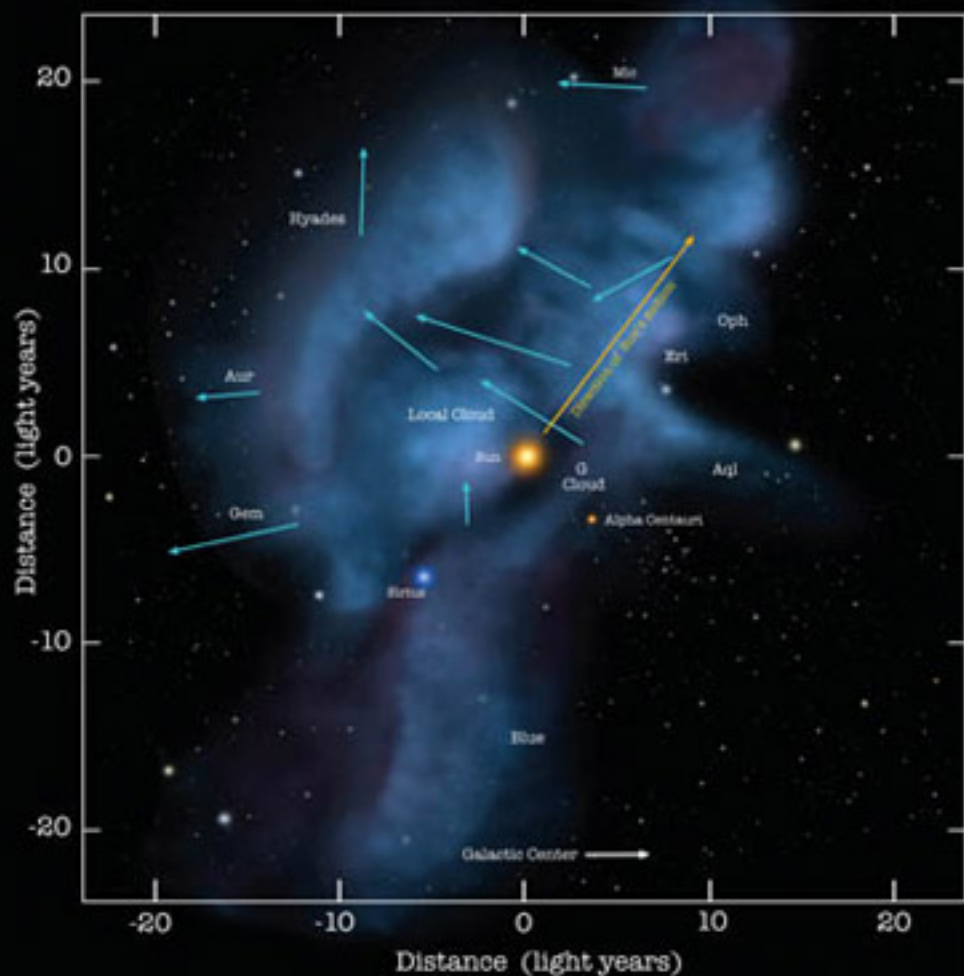
Immagine di Sole accanto del vento solare ripreso dalla sonda SOHO (NASA, ESA), Ed Stone, CAI/TECH/OSPC



Comparazione del conteggio di particelle del Voyager 1 (fuori del sistema solare) e del Voyager 2, ancora dentro l'Eliosfera: questo confronto permette di notare alla differenza tra quantità di raggi cosmici solari e galattici (Crediti: Ed Stone, CAI/TECH/OSPC)



Conteggi nel tempo delle particelle cariche a bassa energia del Voyager 1: in basso compare il numero degli elettroni a bassa energia che arrivano dall'interno dell'Eliosfera; in alto compare il numero dei raggi cosmici galattici (Crediti: Ed Stone, CAI/TECH/OSPC)

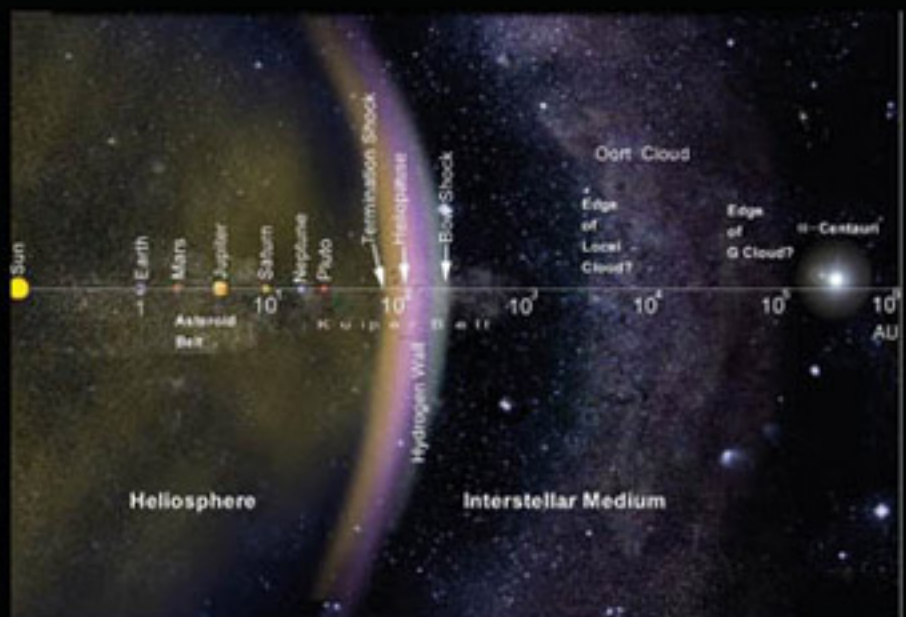


Recostruzione del cammino del Sistema solare nella nebulosa locale

OLTRE LE PERIFERIE DEL SISTEMA SOLARE

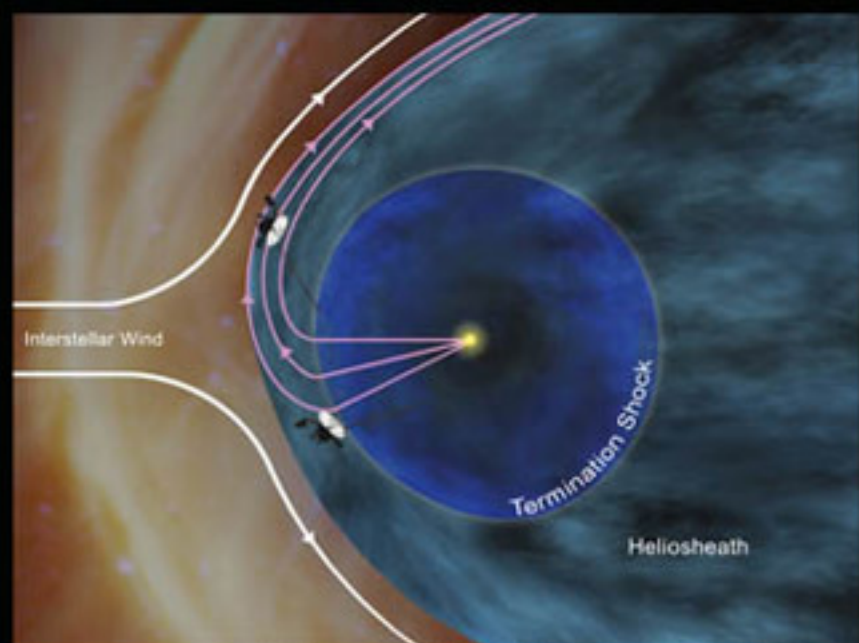
Il Voyager 1 è stato il primo e unico oggetto realizzato dall'uomo a uscire dal Sistema Solare, il 25 agosto 2013, dopo aver percorso più di 19 miliardi di km (che equivalgono a circa 125 unità astronomiche) a una velocità di più di tre volte e mezza la distanza Terra-Sole all'anno. La frontiera del Sistema Solare è molto al di là dell'orbita dell'ultimo pianeta. Nettuno è a circa 29 UA dal Sole, mentre la detta Eliopausa, la frontiera fra il Sistema Solare e lo spazio interstellare, è 4 volte più lontana, ed è lì che il Voyager è arrivato dopo 36 anni di viaggio.

Quello che definisce la frontiera del Sistema Solare è la fine della zona dove l'influenza del Sole domina su quella delle altre stelle e della Galassia come un insieme. Il Sistema Solare è investito dal campo magnetico e dalle particelle (protoni ed elettroni) prodotte nel Sole: è il cosiddetto "vento solare", che si propaga verso lo spazio circostante il Sole, individuando i confini dell'Eliosfera.



Rappresentazione in scala logaritmica delle distanze fra il Sole e le stelle più vicine (immagine Jet Propulsion Laboratories/NASA)


Anche al di fuori dell'Eliosfera lo spazio è pieno di plasma magnetizzato, e l'Eliosfera può essere quindi pensata come una bolla dove la pressione interna è in equilibrio con quella esterna. La zona di contatto tra questi due "venti di plasma" crea una zona di shock, la barriera da attraversare e che definisce la frontiera fra spazio interno al Sistema Solare e spazio interstellare, detta Eliopausa. La forma di cometa della Eliosfera risulta dal fatto che il Sistema Solare come un insieme è in movimento dentro la Galassia, e quindi lo scontro fra i due plasma genera una coda aerodinamica.



Rappresentazione schematica dell'Eliosfera. Sono indicate le traiettorie dei raggi cosmici solari in uscita e di quelli che provengono dallo spazio interstellare (immagine Jet Propulsion Laboratories/NASA)

"Il modo più semplice per visualizzare la bolla dell'Eliosfera è di pensare a un lavello da cucina. Quando si fa scorrere l'acqua e la si lascia cadere in fondo al lavandino, con lo scarico aperto, si può notare che l'acqua forma uno spesso anello. All'interno dell'anello, da dove inizia a fluire verso l'esterno, l'acqua è molto sottile e veloce. Come vicino al Sole, dove il vento solare è supersonico. Ma alla fine diventa così sottile da dover rallentare. Ciò avviene repentinamente e forma questo spesso anello d'acqua, che poi gira e finisce nello scarico. La stessa cosa accade intorno al nostro Sole. Il vento solare rallenta e infine deve girarsi e andare verso la coda che si forma dietro l'Eliosfera" (da una intervista a Ed Stone).





Da questo distante punto di osservazione, la Terra può non sembrare di particolare interesse. Ma per noi, è diverso. Guardate ancora quel puntino. È qui. È casa. È noi. Su di esso, tutti coloro che amate, tutti coloro che conoscete, tutti coloro di cui avete mai sentito parlare, ogni essere umano che sia mai esistito, hanno vissuto la propria vita. L'insieme delle nostre gioie e dolori, migliaia di religioni, ideologie e dottrine economiche, così sicure di sé, ogni cacciatore e raccoglitore, ogni eroe e codardo, ogni creatore e distruttore di civiltà, ogni re e plebeo, ogni giovane coppia innamorata, ogni madre e padre, figlio speranzoso, inventore ed esploratore, ogni predicatore di moralità, ogni politico corrotto, ogni "superstar", ogni "comandante supremo", ogni santo e peccatore nella storia della nostra specie è vissuto lì, su un minuscolo granello di polvere sospeso in un raggio di sole. La Terra è un piccolissimo palco in una vasta arena cosmica

Carl Sagan

SPACE EXPLORATION SPINOFF

Dopo aver ripercorso le tappe principali della conquista dello spazio, un'avventura affascinante, ma come è ben noto anche molto costosa, è naturale porsi le domande: ne valeva veramente la pena? L'umanità ha speso bene le sue risorse e fa bene a continuare a impiegarne in gran quantità in questo campo? E poi, con quali obiettivi ulteriori e con quali modalità è meglio proseguire? È meglio puntare tutto sulle missioni robotizzate o non si può prescindere dalle missioni con astronauti a bordo, inevitabilmente più costose e rischiose? È stato saggio, per esempio, che gli europei dell'ESA abbiano speso fra il 2000 e il 2007 l'equivalente del costo di costruzione di 100 km di autostrade solamente per mettere in orbita il primo dei tre moduli abitati della Stazione Spaziale Internazionale (ISS), e che siano tuttora impegnati in questa missione? Ha senso ritornare sulla Luna o progettare missioni su Marte o verso gli asteroidi? Anche per le missioni robotizzate non è forse meglio sfruttare essenzialmente la loro capacità di "visione dall'alto" per esplorare la Terra e i suoi tanti problemi? Da cittadini di paesi oberati dal carico fiscale e angustiati dalla disoccupazione possiamo accettare che l'Agenzia Spaziale Europea abbia anche quest'anno un budget di 4.100 milioni di € o che l'Agenzia Spaziale Italiana ne abbia uno da 500 milioni di € "solamente" per incrementare le conoscenze scientifiche sulle comete o sui pianeti extrasolari?

Le risposte ufficiali a questi quesiti sono abbastanza note e razionali: la ricerca e l'esplorazione spaziale sono l'avanguardia della ricerca scientifica e tecnologica e sono un potente motore di sviluppo per tutti i paesi avanzati; esse creano possibilità non sempre prevedibili, ma che si trasformano prima o poi in vantaggi per tutti. In effetti, non c'è dubbio che nel giro di pochi decenni le ricerche ed esplorazioni spaziali abbiano dilatato in maniera sorprendente le nostre conoscenze scientifiche sul pianeta che ci ospita, sul nostro Sistema Solare e più in generale sul cosmo intero, e che abbiano dato un potente contributo ad aumentare le capacità tecnologiche umane, creando nel contempo numerose nuove industrie e possibilità di lavoro, ma quali sono stati i vantaggi per i singoli e per la nostra vita di tutti i giorni? Tanti vantaggi, tante ricadute ci sono veramente state, e il loro elenco sarebbe così lungo che dovremmo forse organizzare un'altra mostra per descriverle tutte: dobbiamo quindi limitarci a ricordarne solo alcune delle più importanti.

“Perciò non venitemi a dire che i vostri semplici muri bastino all'uomo, poiché se egli non avesse mai visto le stelle e vi fosse concesso di fabbricargli una Via Lattea con arcate giganti a condizione di approfondire un patrimonio nella costruzione di una cupola simile, verreste forse a dirmi che si è impiegato male quel denaro?”

Antoine de Saint-Exupéry

Innanzitutto le telecomunicazioni, che per la copertura mondiale delle reti telefoniche, televisive e di trasmissione dati sono ormai completamente dipendenti da una miriade di satelliti artificiali in orbita attorno alla Terra; ma ricordiamo più in generale che è stata tutta la microelettronica, quella per intendersi che ci consente di avere un cellulare in tasca e un tablet nella borsa, che ha preso il "la" dalle esigenze e dalle ricerche condotte in ambito missilistico e spaziale.

Poi la previsione del tempo, che grazie ai dati prodotti in continuazione dai satelliti meteorologici è divenuta una scienza "quasi esatta" nel breve periodo, permettendoci di svolgere con maggior sicurezza non solo attività un tempo molto rischiose, quali la navigazione marittima ed aerea, ma anche di ottimizzare innumerevoli lavori, dall'agricoltura alle costruzioni, o semplicemente i nostri viaggi di piacere. Aggiungiamo a questo il gran numero di satelliti che tengono sotto controllo l'evoluzione dei territori, dell'atmosfera, del clima, delle risorse agro-alimentari, che hanno dato grandi contributi al miglioramento della prevenzione delle calamità naturali e della qualità della vita di intere nazioni.

Non meno importante è la rete dei satelliti che supportano i nostri apparecchi GPS, che sono davvero diventati di uso comune ed indispensabili per una miriade di attività, personali, lavorative e sociali.

Vogliamo anche ricordare che in ambito spaziale sono state sviluppate e perfezionate le celle fotovoltaiche, una delle più riuscite e diffuse tecnologie di utilizzo dell'energia solare, dalle quali è nato un ormai imponente comparto industriale e una significativa produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile.

Per finire non si possono dimenticare alcune invenzioni o prodotti nati o perfezionati per esigenze spaziali, che sono poi divenuti di uso comune: il velcro, le lenti antigraffio per occhiali, i termometri medici non a contatto e nuove tecniche diagnostiche, nuove leghe metalliche di alte caratteristiche (più elastiche delle plastiche e più resistenti del titanio, usate per esempio negli attrezzi sportivi), materiali per l'isolamento termico e per la protezione dal fuoco, schiume a memoria di forma per imbottiture e nuovi tessuti dotati di grande capacità isolante e morbidezza.

MISSIONI FUTURE

direzione
MERCURIO

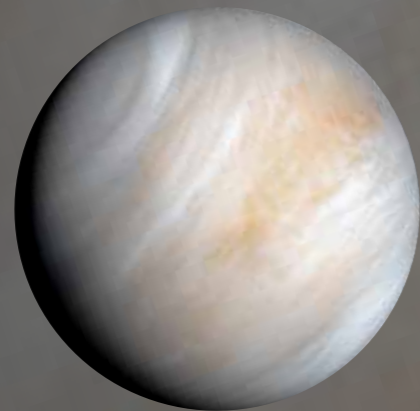
LANCIATA NEL 2018
 **BEPICOLOMBO**
 ESA/ASI/JAXA

Ancora in viaggio verso Mercurio, dal 2018 la sonda ha intrapreso un percorso interplanetario complicato, che ha visto la sonda compiere un sorvolo della Terra, due di Venere e ben sei di Mercurio, attorno a cui inizierà ad orbitare alla fine del 2026. In tutti questi anni però BepiColombo non si è limitato a "viaggiare": ha monitorato l'attività solare e studiato come la gravità del Sole influenzi i segnali radio, curvando lo spazio-tempo stesso.



direzione
VENERE

Tra tutti i pianeti, le lune e gli esopianeti di recente scoperta, Venere è quello che più assomiglia alla Terra per dimensioni, composizione complessiva ed energia ricevuta dal Sole. L'antico Venere era probabilmente abitabile, ma la vita è davvero emersa lì? E come è diventato così diverso dalla Terra?




LANCIO PREVISTO: 2028
 **SHUKRAYAAN - VENUS ORBITER MISSION**
 ISRO

Si prefigge di studiare la stratigrafia superficiale e sotterranea della superficie, la composizione chimica dell'atmosfera, l'irraggiamento solare e l'interazione del vento solare con la ionosfera di Venere.

LANCIO PREVISTO: 2030
 **ENVISION**
 ESA


La missione europea dedicata a Venere intende fornirne una visione completa, dal suo nucleo interno fino all'atmosfera superiore, per determinare come e perché si sia evoluti in modo così diverso dalla Terra. La missione studierà l'atmosfera, la superficie e l'interno del pianeta, e come questi diversi strati interagiscono tra loro.



LANCIO PREVISTO: 2030
 **DAVINCI** (Deep Atmosphere Venus Investigation of Noble gases, Chemistry, and Imaging)
 NASA

È composto da un satellite e da una sonda. Attraverso una serie di sorvoli, la sonda seguirà i movimenti delle nuvole di Venere e ne mapperà la composizione. Dopo due anni dall'inizio della missione rilascerà una sonda che, durante la discesa verso la superficie, analizzerà la composizione chimica dell'atmosfera, oltre a misurarne la temperatura, la pressione e i venti. Una volta raggiunta la zona al di sotto delle nuvole, acquisirà immagini ad alta risoluzione offrendo l'accesso remoto a rocce risalenti a miliardi di anni fa.



LANCIO PREVISTO: 2031
 **VERITAS** (Venus Emissivity, Radio Science, InSAR, Topography and Spectroscopy)
 NASA

La missione analizzerà la **superficie/geologia** di Venere realizzando le prime mappe topografiche ad alta risoluzione di Venere e le prime mappe delle regioni in cui i processi geologici stanno attivamente rimodellando la superficie oggi, per chiarire i processi che lo hanno trasformato nel "gemello diverso" della Terra, cioè un pianeta estremamente inospitale.



direzione
LUNE DI MARTE

LANCIO PREVISTO NEL 2026
 **MMX (Martian Moons Exploration)**
 JAXA

Con il lancio previsto nel 2026 la missione intende esplorare le lune di Marte Phobos e Deimos, atterrare su Phobos e riportare per la prima volta sulla Terra campioni provenienti dal sistema marziano, entro il 2031. Un secondo obiettivo è studiare l'atmosfera di Marte e l'ambiente spaziale circostante per comprendere i processi che ne guidano l'evoluzione atmosferica.



direzione
MARTE

LANCIO PREVISTO NEL 2028
 **TIANWEN-3**
 CNSA

La Cina punta a riportare per prima sulla Terra dei campioni provenienti dal suolo di Marte. La missione, il cui lancio è previsto nel 2028, punta a raccoglierne almeno 500 grammi da far rientrare sul nostro pianeta nel 2031.



LANCIO PREVISTO NEL 2028
 **ROVER EXOMARS**
 ESA/NASA

Rimandata dopo lo scoppio della guerra in Ucraina nel 2022, il suo lancio è previsto non prima del 2028. Combinerà la capacità di muoversi sulla superficie con quella di studiare Marte in profondità: raccoglierà campioni fino a una profondità di 2 metri per analizzarli a bordo. I campioni sotterranei hanno maggiori probabilità di contenere biomarcatori, poiché la tenue atmosfera marziana offre poca protezione dalle radiazioni e dai processi fotochimici in superficie.



LANCIO PREVISTO NEL 2028
 **MARS SAMPLE RETURN?**
 NASA/ESA

Il programma Mars Sample Return, ideato per riportare sulla Terra i campioni di suolo marziano raccolti dal rover Perseverance - è stato al momento sospeso. La NASA sta studiando strategie alternative meno costose, compreso l'utilizzo di un lander ridimensionato.



direzione
ASTEROIDE RYUGU

LANCIATA NEL 2014
 **HAYABUSA 2**
 JAXA

Lanciata nel 2014, la sonda ha raggiunto l'asteroide Ryugu nel 2018, orbitandogli ad una distanza di circa 20 km. Nel 2020 la capsula con i campioni raccolti è rientrata sulla Terra mentre la sonda ha proseguito il suo viaggio verso altri due asteroidi che raggiungerà nel 2026 e nel 2031.

COSA ABBIAMO SCOPERTO
 Nei campioni provenienti da Ryugu sono state trovate tutte le basi azotate che compongono gli acidi nucleici, le molecole fondamentali per la vita sulla Terra.

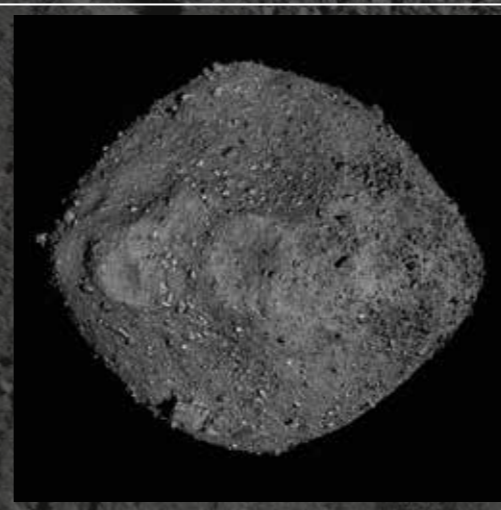


direzione
ASTEROIDI BENNU E APOLLO

LANCIATA NEL 2016
 **OSIRIS REX-APEX**
 NASA

La prima missione americana progettata per raccogliere e riportare sulla Terra campioni di un asteroide è partita nel 2016. Ha raggiunto l'asteroide Benu nel 2018 dalla cui superficie ha prelevato 121,6 grammi di materiale. La capsula con i campioni è rientrata sulla Terra nel 2023. La sonda invece si sta dirigendo verso l'asteroide Apophis che raggiungerà nel 2029.

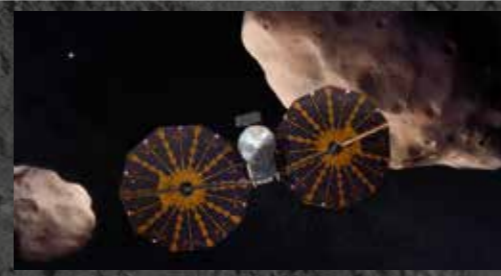
COSA ABBIAMO SCOPERTO
 Nei campioni di rocce e polvere di Benu è stata trovata una grande varietà di molecole organiche, mattoni della vita come amminoacidi e basi di DNA e RNA.



direzione
ASTEROIDI TROIANI DI GIOVE

LANCIATA NEL 2021
 **LUCY**
 NASA

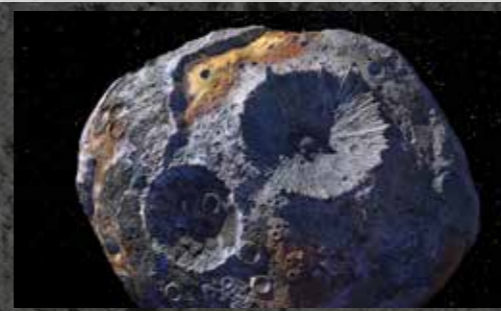
La sonda ha intrapreso nel 2021 un viaggio lungo 12 anni verso gli asteroidi troiani di Giove: residui della formazione del Sistema Solare, orbitano intorno al Sole in due sciami che precedono e seguono Giove.



direzione
ASTEROIDE PSYCHE 13

LANCIATA NEL 2023
 **PSYCHE**
 NASA

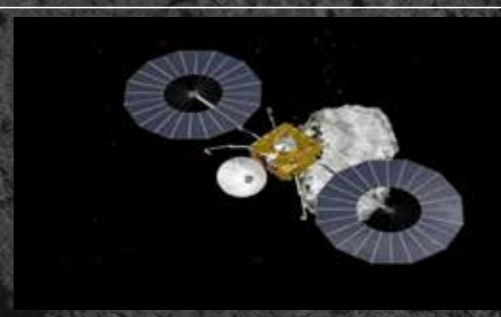
Lanciata nel 2023, è in viaggio verso l'omonimo asteroide situato nella fascia principale tra Marte e Giove. L'arrivo è previsto nell'agosto 2029. La missione studierà questo corpo ritenuto il nucleo esposto di un antico protopianeta insolitamente ricco di metalli anche rari e preziosi.



direzione
ASTEROIDE E COMETA

LANCIATA NEL 2025
 **TIANWEN-2**
 CNSA

La sonda, partita nel 2025, raggiungerà l'asteroide Kamo'oamewa nel 2026. Si prevede di raccogliere dei campioni nel 2027 e di riportarli a Terra con una capsula. La sonda invece proseguirà verso la fascia principale degli asteroidi alla volta della cometa 311P/PANSTARRS che verrà avvicinata nel 2035.



direzione
PLUTONE E LA FASCIA DI KUIPER

LANCIATA NEL 2006
 **NEW HORIZONS**
 NASA

Dopo un viaggio iniziato nel 2006, è stata la prima sonda ad esplorare Plutone e le sue lune da vicino nel 2015. Nel 2019 ha raggiunto la Fascia di Kuiper, dove ha osservato da vicino l'oggetto più distante mai esplorato. Continua a viaggiare verso i confini del nostro sistema solare dove arriverà verso il 2027. Si prevede possa funzionare fino al 2050.



direzione
GIOVE E LE SUE LUNE

LANCIATA NEL 2023
 **JUICE (Jupiter Icy Moons Explorer)**
 ESA

L'orbiter è stato lanciato nel 2023 e arriverà nel sistema gioviano nel 2031. Si concentrerà sullo studio dei satelliti ghiacciati Ganimede, Callisto ed Europa, studiando gli oceani d'acqua sotterranei per verificarne l'abitabilità.



direzione
EUROPA (GIOVE)

LANCIATA NEL 2024
 **EUROPA CLIPPER**
 NASA

La sonda, lanciata nel 2024, arriverà a destinazione nel 2030. Sarà immessa in un'orbita ellittica intorno a Giove che le permetterà di effettuare oltre 50 sorvoli ravvicinati di Europa, per determinare se il suo oceano sotterraneo possa ospitare o avere ospitato la vita.



direzione
SATURNO/TITANO

LANCIO PREVISTO NEL 2028
 **DRAGONFLY**
 NASA

In partenza nel 2028, dal 2034 sarà il primo velivolo a rotore del suo genere dedicato ad esplorare un altro mondo: ad ogni volo sorvolerà varie regioni per diverse miglia attraverso la fascia dell'atmosfera ricca di azoto di Titano per studiarne l'abitabilità, analizzando all'interno del velivolo i campioni raccolti.

