



Publication Year	2022
Acceptance in OA	2024-07-02T13:19:22Z
Title	Giunone scruta sotto le nubi di Giove
Authors	MURA, Alessandro
Handle	http://hdl.handle.net/20.500.12386/35286
Journal	COELUM. ASTRONOMIA
Volume	254

Giunone scruta sotto le nubi di Giove. Se vogliamo mantenere in salute il nostro pianeta, unico nel Sistema Solare a poter ospitare la vita, dobbiamo sforzarci di conoscere il più possibile tutti i suoi "fratelli" meno fortunati, gli altri sette pianeti che orbitano intorno al Sole. Come dei novelli studiosi di una "fisiologia planetaria", dobbiamo studiare i malati per imparare come mantenerci in salute. È necessario capire come i pianeti si siano evoluti, se mai alcuni di essi siano stati potenzialmente abitabili nel passato, come i quattro più piccoli (Mercurio, Venere, la Terra, Marte) siano stati guidati, nella loro evoluzione, dai quattro giganti (Giove, Saturno, Urano e Nettuno). Tra questi ultimi, il protagonista è senz'altro Giove. Tutte le teorie sulla nascita e l'evoluzione del Sistema Solare ruotano intorno alla sua "storia personale", perché è probabilmente il primo a formarsi e quindi quello che più di tutti ha influenzato gli altri.

Sebbene molto possa essere compreso di un pianeta anche solo grazie all'osservazione da remoto, l'osservazione in-situ (ossia da vicino) ci offre informazioni altrimenti irraggiungibili. Possiamo studiarne la gravità e struttura interna, il suo campo magnetico, il suo ambiente; abbiamo la possibilità di osservare regioni non visibili da terra, come ad esempio i poli. Già nel 1973 la NASA era riuscita a far volare la sonda Pioneer 10 fino a Giove, regalandoci alcune spettacolari immagini prima di proseguire il suo viaggio verso i pianeti più esterni. Avere una sonda che rimanga in orbita intorno a Giove, però, offre ben altre potenzialità scientifiche, e allo stesso tempo richiede uno sforzo tecnologico ben più intenso. Alla fine degli anni '70 la NASA iniziò a progettare una missione interamente dedicata a Giove: Galileo. Dopo Galileo, i cui risultati scientifici furono in parte compromessi da alcuni problemi tecnici, fu la volta di Juno, lanciata nel 2011 ed in orbita intorno a Giove dal 2016.

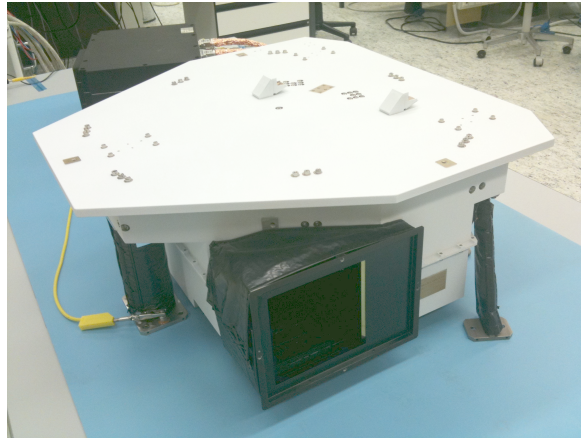
Nel mito di Io e Zeus, questi nasconde i suoi segreti in una coltre di nubi, attraverso il quale Giunone (Juno, in inglese) si forza di scrutare. Chiamata così in onore della consorte del Dio greco, la sonda Juno osserva il pianeta Giove in maniera completa, anche al di sotto del folto strato di nubi che lo ricopre. Juno ne studia la magnetosfera facendo misure di campo magnetico, di particelle energetiche e di campi elettrici magnetici; osserva la sua aurora (cioè l'interazione della magnetosfera con l'alta atmosfera) e l'atmosfera superficiale fino a mille chilometri di profondità. Ha anche un *Gravity Experiment*, che permette di calcolare il campo gravitazionale del pianeta con l'obiettivo finale di spiegare se il pianeta abbia o meno un *core* (cioè un nucleo) solido. Tutte queste misure sono fondamentali per capire come il pianeta si sia formato.



Panoramica della missione Juno. I tre grandi pannelli solari saranno prevalentemente diretti verso il Sole; al centro, l'antenna. La sonda ruota intorno al suo asse 2 volte per minuto. Credits: NASA/JPL

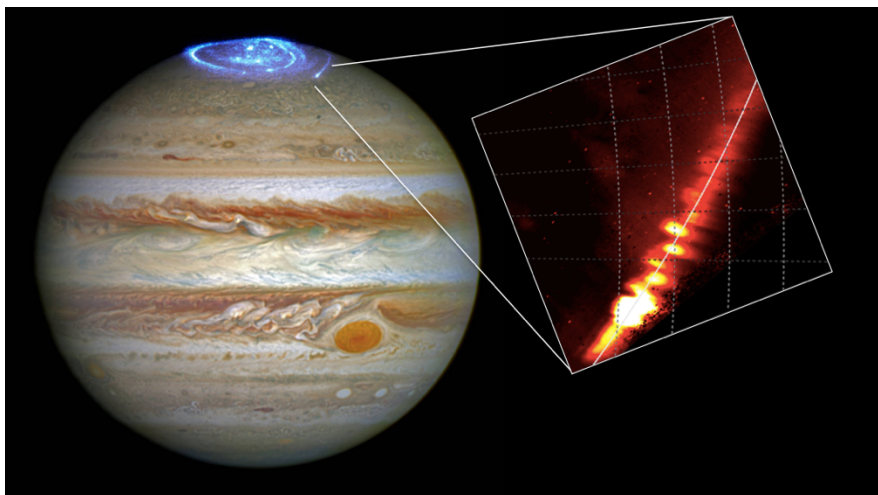
Uno sguardo nell'infrarosso. Tra gli strumenti a bordo delle missioni planetarie, le camere e gli spettrometri nell'infrarosso occupano un posto di rilievo. Mentre nello spettro visibile vediamo essenzialmente luce solare riflessa da un pianeta, nell'infrarosso vediamo la radiazione emessa dal corpo, che ci rivela molto delle sue caratteristiche (come, ad esempio, la sua temperatura). Sebbene inizialmente non fosse stato previsto tra gli strumenti a bordo, la NASA si convinse a includere uno spettrometro nell'infrarosso, chiamato JIRAM. Questo fu soprattutto grazie all'intuizione di Angioletta Coradini, all'epoca alla guida di quello che ora è l'Istituto di Astrofisica e Planetologia Spaziali (INAF-IAPS) di Roma, e che fu la prima responsabile dell'esperimento JIRAM. JIRAM (Jovian InfraRed Auroral Mapper) è uno spettrometro ad immagini completamente italiano: la guida scientifica è dell'INAF-IAPS, è stato realizzato da Finmeccanica (ora Leonardo), ed è sotto la responsabilità dell'ASI (Agenzia Spaziale Italiana). JIRAM è composto da una testa ottica e una scatola elettronica. Il sistema ottico è dotato di un singolo telescopio e ospita sia una telecamera a infrarossi che uno spettrometro: in sintesi, JIRAM può produrre sia spettri che immagini, quindi incorpora due strumenti in uno. La fotocamera possiede due filtri cromatici, ottimizzati per osservare sia le emissioni aurorali che quelle termiche del pianeta per un campo di vista complessivo di $3,5 \times 6,0$ gradi e con una risoluzione di appena un centesimo di grado. Lo spettrometro copre le lunghezze d'onda da 2 a $5 \mu\text{m}$, che permettono di studiare molte delle specie atmosferiche di Giove. L'ambiente gioviano è particolarmente rischioso sia per la sonda Juno sia per lo strumento JIRAM, che quindi è stato concepito con caratteristiche davvero uniche. Juno è un satellite "spinning", cioè che gira su stesso; per poter operare una camera ottica su un satellite rotante, JIRAM usa particolare specchio "despinning" che compensa la rotazione della sonda

durante la misurazione, mantenendo la scena fissa per il tempo necessario a creare un'immagine. Infine, la progettazione di JIRAM è stata guidata dalla necessità di avere uno strumento con il minor volume e massa possibili senza degradare le prestazioni.



Lo strumento JIRAM prima di essere montato a bordo di Juno. Si vede in alto il grande radiatore passivo, e, al di sotto, l'apertura di ingresso. Dietro si intravede il box dell'elettronica. Credits: ASI / INAF.

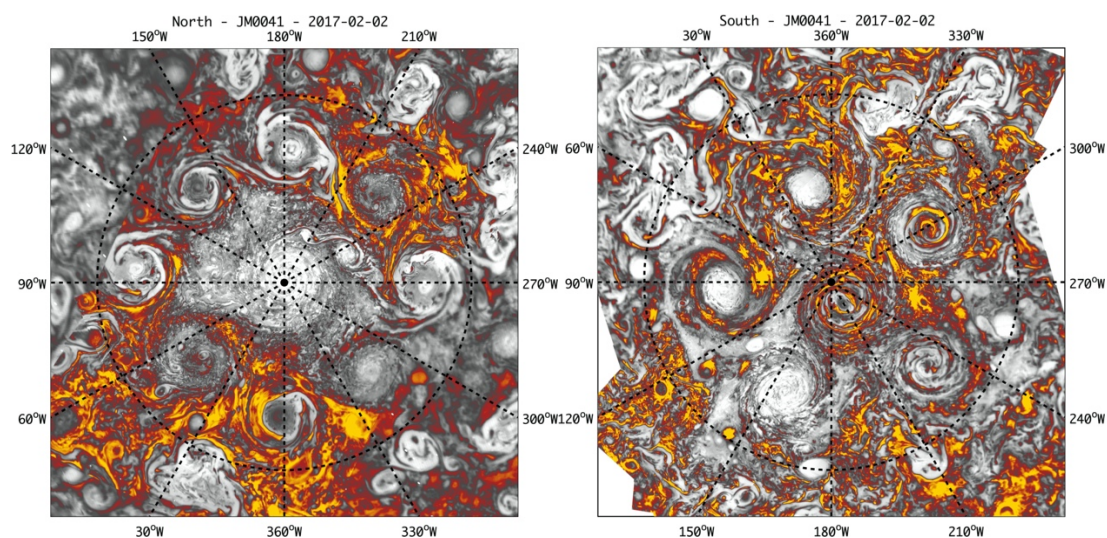
Impronte lunari. L'obiettivo principale di JIRAM è caratterizzare le aurore gioviane, fenomeno atmosferico frequente anche su altri pianeti del Sistema solare (non solo sulla Terra). Le aurore su Giove nascono dalla precipitazione degli elettroni della sua magnetosfera sull'atmosfera del pianeta, in corrispondenza dei poli magnetici. La magnetosfera di Giove è fortemente influenzata dalle particelle che arrivano dalla luna Io, uno dei 4 grandi satelliti di Giove, caratterizzato da violente eruzioni vulcaniche che lanciano nello spazio una notevole quantità di materiale. A differenza delle aurore terrestri, che sono abbastanza variabili, quelle di Giove hanno degli ovali sempre visibili e brillanti, e sono accompagnate da 3 segnali addizionali che "girano" intorno a questi ovali. Sono le "impronte" magnetiche dei tre satelliti naturali Io, Europa e Callisto. In corrispondenza della linea di forza del campo magnetico che passa per ognuna di queste lune, si forma nella ionosfera di Giove una emissione aurorale aggiuntiva, che gira intorno all'aurora principale così come la corrispondente luna ruota intorno a Giove. Nel 2020 JIRAM ha scoperto che queste impronte ricordano, nella forma, il moto di un ostacolo in un fluido (cosiddetta scia di Von Karman), anche se ancora non c'è una spiegazione chiara di come questo accada.



L'aurora Nord di Giove e, nel riquadro, uno zoom sul footprint aurorale di Io, ottenuto da JIRAM. Credits: ASI / INAF / JIRAM - NASA / JPL-Caltech / SwRI

Poligoni regolari. JIRAM è stato ideato per studiare anche l'atmosfera di Giove, dagli strati più esterni fino a profondità in cui la pressione arriva fino a 5-7 volte quella dell'atmosfera terrestre. Il risultato più importante ottenuto è senza dubbio la scoperta dei poligoni regolari di cicloni. Mai prima d'ora era stato possibile osservare le regioni polari del pianeta più grande del Sistema solare: come un coreografico balletto, gruppi ben ordinati di enormi cicloni grandi migliaia di chilometri si organizzano nell'atmosfera attorno ai poli del pianeta Giove. Esistono cioè enormi due cicloni che stazionano in corrispondenza di ciascun polo, circondati da strutture vorticosi che fanno loro da corona.

In prossimità del ciclone sul polo nord stazionano altri otto cicloni di uguali dimensioni, mentre cinque sono quelli dislocati intorno al ciclone situato sopra il polo sud. Le dimensioni di questi cicloni sono enormi, paragonabili a quelle del raggio del nostro pianeta: al nord possono raggiungere un diametro di 4 mila chilometri e al sud addirittura superare i 6 mila chilometri da un estremo all'altro. Anche le velocità dei venti all'interno di queste strutture atmosferiche sono notevoli e oscillano tra i 150 e i 350 chilometri orari. Nelle osservazioni ripetute, compiute in questi anni da JIRAM, abbiamo notato una sostanziale stabilità della configurazione dei vortici polari su Giove, tanto da far stimare che ogni ciclone abbia una "speranza di vita" di almeno 50-100 anni.



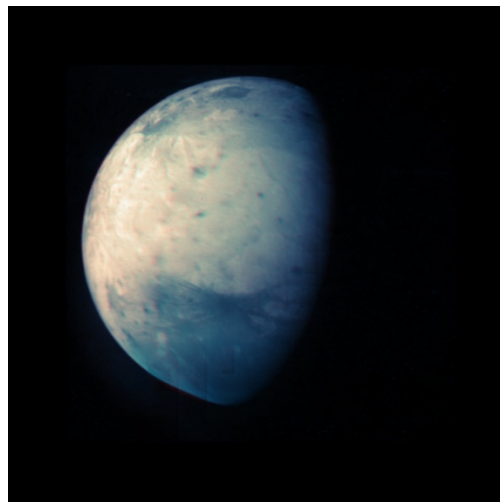
Il polo nord (a destra), con otto cicloni intorno al ciclone centrale, e sud (a sinistra), con cinque cicloni intorno al ciclone centrale. Le zone bianche sono più nuvolose, e più fredde. Le zone rosse sono libere dalle nubi e sono quindi strati più bassi e caldi. Crediti: Adriani et al., 2018; ASI / INAF / JIRAM - NASA / JPL-Caltech / SwRI

Alcune risposte. Nel 1995, durante la sua missione, la sonda Galileo lasciò cadere il suo "entry probe" all'interno della densa atmosfera di Giove, in una particolare zona equatoriale. Lì misurò il contenuto d'acqua, che si rivelò essere sorprendentemente basso. Questo è un parametro importantissimo per fare chiarezza sulle diverse teorie di formazione del Sistema Solare. Tuttavia gli scienziati non erano convinti che la quantità trovata in quella regione fosse sufficientemente indicativa di tutto il pianeta. Tra gli obiettivi della missione, a cui JIRAM ha dato un sostanziale contributo, c'era quindi quello di misurare il contenuto globale d'acqua di Giove. In questo, Juno ha già dato una risposta: su Giove c'è più acqua di quanta ne misurò la sonda Galileo, e più di quanta ce ne aspettassimo. Le future teorie sulla formazione di Giove dovranno tenerne conto. Inoltre ha permesso di capire che, a differenza della Terra, l'interno di Giove ha una struttura diversa: non ha un "core" (nucleo) ben definito, ma al centro del pianeta c'è una massa che abbiamo imparato a chiamare "diluted core", letteralmente un "nucleo diluito". Anche questo è essenziale per tracciare la storia di Giove dalla sua formazione ad oggi.

Non fermate Juno. Anche se inizialmente prevista solo fino al 2021, la missione Juno è stata recentemente estesa per altri 4 anni. Questo permetterà agli scienziati di focalizzarsi su nuovi obiettivi scientifici. Tra questi, lo studio delle lune di Giove. Già in precedenza JIRAM era stato in grado di fornire spettacolari immagini dei vulcani di Io (scoprendo, tra l'altro, nuove bocche vulcaniche o caldere). Il 7 giugno e il 20 luglio 2021, poi, Juno ha compiuto due "fly-by" di Ganimede passando a una distanza di soli 1000 km e poi di 50.000 km, ottenendo immagini e spettri della luna ghiacciata. La particolare geometria osservativa di questi passaggi

ravvicinati ha fornito l'opportunità di vedere per la prima volta la regione polare nord e confrontare la diversità nella composizione tra le latitudini basse e alte di Ganimede. Durante il flyby del luglio 2021, JIRAM ha coperto le regioni dell'emisfero equatoriale/sud, incluso in notevole cratere Tashmetum. Le osservazioni a infrarossi di JIRAM forniscono nuove informazioni sul guscio ghiacciato di Ganimede e, indirettamente, sulla composizione dell'oceano di acqua liquida sottostante, dando una stima dell'abbondanza di sali e sostanze organiche nel ghiaccio d'acqua cristallina. È estremamente importante capire le diverse caratteristiche che distinguono le regioni polari da quelle equatoriali, al fine di comprendere i processi di "space weathering" e individuare quale parte della superficie sia rappresentativa della composizione originale di Ganimede. Infatti, le alte latitudini sono dominate dal ghiaccio d'acqua, con granulometria fine, che è il risultato dell'intenso bombardamento di particelle cariche, chiaramente visibile in una particolare banda di assorbimento dello spettro. Al contrario, le basse latitudini sono schermate dal campo magnetico intrinseco di Ganimede. Qui le bande di assorbimento del ghiaccio d'acqua sono più deboli e gli spettri più rappresentativi della composizione chimica originale, in particolare dei costituenti come sali e sostanze organiche.

Le osservazioni di Juno aiutano a preparare il terreno per le future missioni spaziali, come la missione ESA/JUICE, che esplorerà le gelide lune galileiane con un'enfasi su Ganimede, e NASA/Europa Clipper, che si concentrerà su Europa.



Ganimede visto nei due canali infrarosso durante il flyby di Juno con Ganimede a Luglio 2021. La banda M ha fornito il canale rosso dell'immagine, e la banda L il canale blu. Credits ASI / INAF / JIRAM - NASA / JPL-Caltech / SwRI.