

# GRUPPO ASTRONOMICO TRADATESE

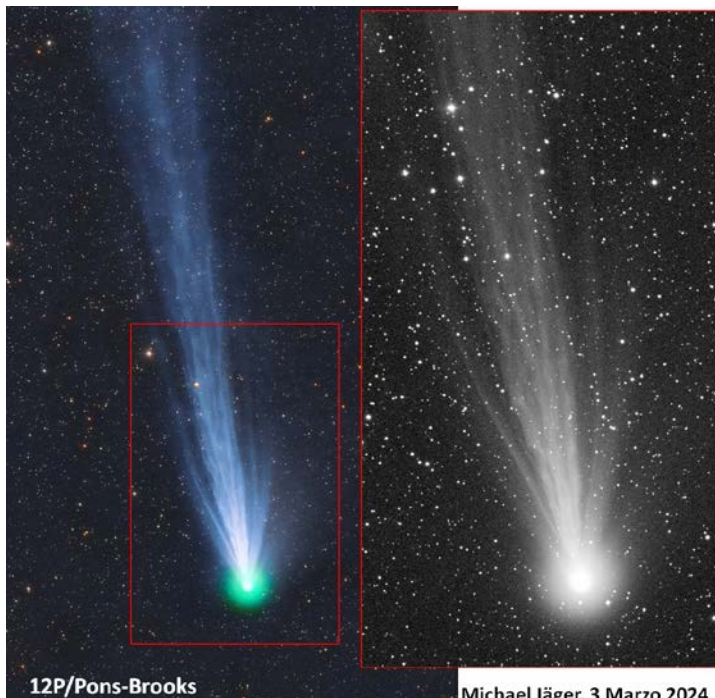
LETTERA N. 174

50° anno !!!

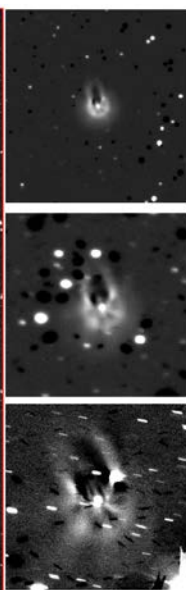
Aprile-Giugno 2024

<http://www.gruppoastronomicotradatese.it>

A tutti i soci



Forse a causa della sua lenta rotazione (156 giorni), quindi elevato riscaldamento superficiale, la cometa mostra improvvisi outburst: nel 2023 il 20 Luglio, il 5 Ottobre e il 14 Novembre.



F. Manzini et al.:  
outburst del  
22-31 Lu-2023

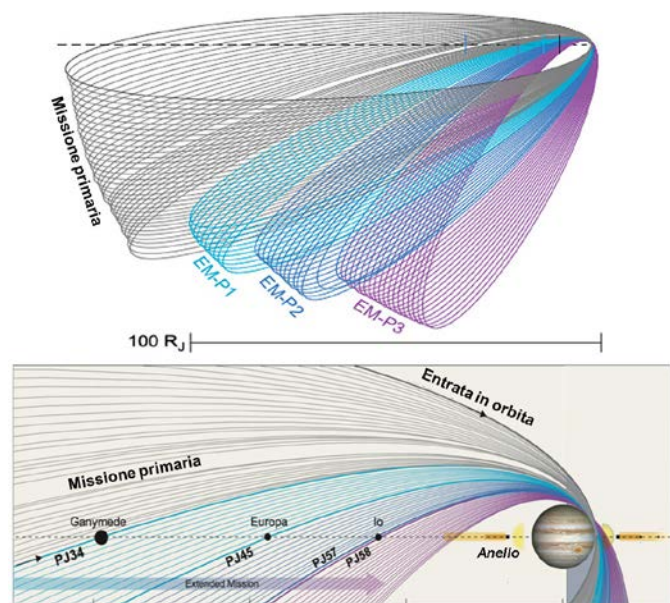
La nostra attività primaverile è inevitabilmente legata alla data di Lunedì 8 Aprile 2024, quando una grande eclisse totale di Sole (4,5 minuti di buio a mezzogiorno!) attraverserà il Messico settentrionale e tutti gli Stati Uniti. Nel Texas meridionale, dove ci sarà la gran parte di noi del GAT, il max della totalità sarà alle h 13,35 locali. Tenendo presente l'ora legale che scatterà il 31 Marzo, in Italia saranno le h 20,35 un orario comodissimo per i Media (speriamo...) e per chiunque per collegarsi a qualcuno dei moltissimi siti che trasmetteranno in tutto il mondo la diretta del fantastico evento celeste. Questo è per esempio il sito della NASA su youtube [https://www.youtube.com/watch?v=2MJY\\_ptQW1o](https://www.youtube.com/watch?v=2MJY_ptQW1o). Ovviamente Lunedì 8 Aprile NON ci sarà nessuna nostra serata al Cine Grassi, ma i nostri affezionati soci e simpatizzanti potranno nella STESSA ORA seguire in diretta sui loro computer l'eclisse via streaming. Per chi, come noi, assisterà di persona all'eclisse, ci saranno almeno due fatti di grande interesse. Il primo è la corona del Sole vicino al max del 25esimo ciclo, che si preannuncia gigantesca e trapuntata da numerose protuberanze. Il secondo motivo di interesse è assolutamente speciale: nel buio della totalità dovrebbe essere visibile (non lontano da Giove in alto alla sinistra del Sole nero) la cometa 12P/Pons-Brooks, che raggiungerà il perielio il 21 Aprile 2024 da 116 milioni di km, e il perigeo (minima distanza dalla Terra) il 2 Giugno 2024 da 230 milioni di km. Per ragioni orbitali (orbita inclinata di 74° percorsa in 71 anni) la cometa è di difficile osservabilità serale da noi (in Andromeda-Pesci-Ariete) a causa della sua vicinanza prospettica (circa 20°) al Sole (un binocolo è il minimo indispensabile). Ma durante l'eclisse sarà buio alle 13 del pomeriggio, quindi la cometa diventerà ben visibile (m=3-4?) nonostante la sua vicinanza al Sole. Anche perché 12P/Pons-Brooks è una cometa bizzarra, spesso soggetta ad improvvise esplosioni (4 o 5 sono avvenute nella seconda metà del 2023) che potrebbero essere favorite dalla vicinanza al perielio. Un ultimo flash spaziale: l'11 Gennaio 2024 la NASA ha finalmente riaperto la capsula di Osiris-REX con i campioni dell'asteroide Bennu: sono 121,6 gr dai quali si attendono fondamentali risultati scientifici.

Nei mesi primaverili del nostro 50esimo anno di attività rimarremo ancorati ai temi eso-biologici che da sempre ci attraggono particolarmente, senza trascurare alcuni eventi astronomici di grande attualità.

Lunedì 22 Aprile 2024 h 21 Cine GRASSI	Serata a cura del GAT sul tema <u>Messico-TEXAS: CRONACA DI UN' ECLISSE MEMORABILE</u> Una imperdibile serata dedicata ai risultati raccolti dal GAT in vari punti della fascia di totalità, in occasione della grande eclisse totale di Sole di Lunedì 8 Aprile 2024.
Lunedì 6 Maggio 2024 h 21, Cine GRASSI	Conferenza del dott. Giuseppe BONACINA sul tema <u>AMBIGUI SEGNALI DALLO SPAZIO: MESSAGGI ALIENI O 'FALSI POSITIVI'?</u> Biofirme e tecnofirme planetarie e galattiche potrebbero rivelare vite, intelligenze e comunità extraterrestri attuali o remote, smentendo clamorosamente il 'Paradosso di Fermi'.
Lunedì 20 Maggio 2024 h 21 Cine GRASSI	Conferenza del Prof. Stefano FACCHINI (Univ. di Milano) sul tema <u>ALLE ORIGINI DEI SISTEMI PLANETARI.</u> Come si formano i pianeti? Come è nato il nostro sistema solare? Nuove immagini e dati spettacolari da ALMA, VLT e JWST ci mostrano i primi istanti in cui nuovi mondi nascono e si sviluppano. Ne parlerà uno dei massimi esperti su questo affascinante tema grazie a suoi lavori con ALMA e JWST.
Lunedì 3 Giugno 2024 h 21 Cine GRASSI	Conferenza del dott. Cesare GUAITA sul tema <u>I GRANDI SATELLITI DI GIOVE RISCOPERTI DALLA SONDA JUNO.</u> Nel Gennaio 2021 la NASA ha prolungato di 42 orbite la missione JUNO, date le sue buone condizioni dopo le iniziali 32 orbite. Questo ha permesso alcuni flybys stretti con i satelliti galileiani. In particolare due passaggi a soli 1500 km da Io (30 Dic023-3Feb024) hanno fornito immagini nuove e stupefacenti.
Lunedì 17 Giugno 2024 h 21 Cine GRASSI	Conferenza di Piermario ARDIZIO sul tema <u>EMOZIONI DALLO SPAZIO.</u> Il fascino della Terra vista dallo spazio non può essere descritto a parole. E' un fascino che entra direttamente nel cuore e genera un cumulo di sensazioni difficili da esternare. Ma dopo mezzo secolo di presenza umana nello spazio molti ci hanno provato. Con risultati a dir poco imprevedibili a priori. A cominciare dal leggendario 'piccolo puntino blu' di Carl Sagan...

## 1) JUNO RISCOPRE I SATELLITI MAGGIORI DI GIOVE.

La sonda JUNO venne inizialmente inserita (Luglio 2016) attorno a Giove in un'orbita polare molto eccentrica (4000 x 8 milioni di km) percorsa in 53 giorni, dalla quale era praticamente impossibile osservare da vicino i satelliti. Il passaggio ripetitivo alla minima distanza di 4000 km faceva transitare la JUNO nella 'tossica' magnetosfera gioviana, con il rischio che qualcuno degli strumenti di bordo ne subisse negative conseguenze. Ma queste previsioni si sono fortunatamente rivelate sbagliate, nel senso che, all'inizio del 2021, dopo 32 orbite (PJ-32) tutto a bordo di JUNO continuava a funzionare perfettamente. Così, il 13 Gennaio 2021 la NASA, ha deciso di prolungare la missione per un massimo di altre 42 orbite, fino a raggiungere la 76esima orbita (PJ76) a Settembre 2025, salvo fermarsi prima in caso di malaugurati guasti tecnici. Con la possibilità di ottenere ulteriori (ed inimmaginabili a priori !) informazioni scientifiche. Per questioni dinamiche i punti dei PJ (peri-giovi) delle varie orbite aggiuntive si spostano continuamente verso Nord (da Lat=23°N fino a Lat=68°N), permettendo una visione sempre più nitida dei famosi cicloni gioviani polari e, nel contempo, di pianificare anche passaggi ravvicinati con gli anelli di Giove e con tre dei suoi satelliti maggiori (2 flybys con Ganimede, 3 flybys con Europa e 11 flybys con Io. Questi flybys con i satelliti hanno ridotto pure il periodo orbitale della JUNO, aumentando di conseguenza il numero generale delle orbite adatte a fare scienza:



Era il 9 Marzo 1979 quando Linda Morabito, una giovane ricercatrice del team del Voyager 1, fece la scoperta della vita: analizzando una delle immagini di una falce Io che il Voyager 1 aveva ripreso da 4,6 milioni di km, la Morabito scoprì due alti pennacchi di materiale che si sollevavano dal satellite. Era il primo indizio di una delle più grandi scoperte della storia della planetologia: quella secondo cui su Io, la luna 'galileiana' più vicina a Giove, c'era un'intensa attività vulcanica. Io (diametro=3462 Km) è il più vicino tra i grandi satelliti di Giove (raggio orbitale medio=421.000 Km) ed anche il più denso ( $d=3,57 \text{ g/cm}^3$ ). I flybys con Io del Voyager 1 da 20.500 km l'8 Marzo 1979 e del Voyager 2 da 1,1 milioni di km il 5 Agosto successivo evidenziarono una decina di vulcani in piena e persistente attività. Se la scoperta della Morabito fu epocale, addirittura incredibile fu una predizione teorica del vulcanesimo di Io pubblicata sulla rivista Science solo una settimana PRIMA del flyby con il Voyager 1 (SCIENCE, 203, 892-4, 29 Gennaio 1979). In questo lavoro un gruppo di ricercatori guidati da S. Peale (Dipartimento di Fisica dell'Università della California) faceva la predizione che il satellite gioviano fosse sede di intensi fenomeni vulcanici. La sorgente di energia in grado di riscaldare Io veniva individuata nelle violente maree esercitate da Giove, a causa dell'orbita leggermente ellittica ( $e=0,004$ ) del suo satellite. In condizioni normali queste maree demolirebbero in breve tempo l'ellitticità dell'orbita, trasformandola in circolare: verrebbe così meno ogni iniezione di

energia e i conseguenti fenomeni vulcanici. Non così nel caso di Io: un'eccentricità molto debole viene infatti conferita in maniera forzata dal sincronismo 2:1 col periodo di rivoluzione di Europa. In pratica lo ruota attorno a Giove in 1,76 giorni, contro i 3,55 di Europa: questo significa che i due corpi si avvicinano ed interagiscono ogni due orbite, impedendone la naturale circolarizzazione. Meno influente, ma non indifferente, è pure un secondo sincronismo, quello 1:4 con il periodo orbitale di Ganimede (che ruota attorno a Giove in 7,16 giorni). Dato il meccanismo coinvolto, l'idea del gruppo di S. Peale era non solo che lo fosse sede di fenomeni vulcanici, ma che questa attività fosse continuativa e non episodica come nel caso terrestre. La composizione delle emissioni vulcaniche di Io fu uno degli obiettivi primari della missione Galileo (34 orbite gioviane dal 7 Dicembre 1995 al 7 Novembre 2002). In particolare durante le ultime 10 orbite (Ottobre 1999-Gennaio 2002) vennero pianificati sei rischiosi passaggi a distanze comprese tra 600 e 200 km che permisero allo spettrometro NIMS (Near-Infrared Mapping Spectrometer, 0,7-5,4 micron) di realizzare importanti misure termiche e compositive. Il materiale emesso dai vulcani di Io risultò principalmente costituito da S (Zolfo) e SO<sub>2</sub> (anidride solforosa). Lo Zolfo è bianco alla temperatura tipica della superficie di Io (-180°C) ma si incupisce fino a diventare nero a 6-700°C. Le centinaia di macule scure che disseminano la superficie del satellite sono quindi automaticamente interpretabili come bocche (o laghi) ricolmi di lava (sulfurea) fusa. Ma la densità di 3,57 g/cm<sup>3</sup> del satellite rende plausibile anche l'esistenza di lave silicatico/basaltiche. Di fatto, in almeno 12 casi, la temperatura misurata (a 4,5 micron) della lava era incompatibile con quella dello Zolfo fuso e, addirittura, superava quella tipica delle eruzioni terrestri (1000-1100 °C). Da questo punto di vista il caso più straordinario riguarda Pillar Patera (poco ad Est di Pele, il vulcano più grande), sede di una gigantesca eruzione che, tra Aprile e Settembre 1997, ha ricoperto di materiale scuro qualcosa come 400 km<sup>2</sup> di superficie: qui il 19 Settembre 1997 la Galileo ha addirittura misurato una temperatura di 1400-1700°C. La Terra attuale non possiede lave così calde, per cui è davvero difficile fare corrette ipotesi sulla composizione delle lave più calde di Io. Non così sulla Terra primordiale (diciamo fino a 3,8 miliardi di anni fa, ossia ben prima della formazione dei continenti), quando in conseguenza di una minor differenziazione nel mantello, alcune lave ricche di Magnesio e Ferro (le cosiddette Komatiti) venivano emesse a temperature che potevano raggiungere i 1700°C. C'è quindi da pensare che proprio questa sia la composizione effusiva dei più caldi vulcani di Io e che quindi lo studio di questi vulcani possa contribuire non poco a farci capire l'evoluzione geologica più antica del nostro pianeta. Certo il capire come faccia Io a produrre lave a così alta temperatura è molto difficile. Un'ipotesi è che il mantello del satellite sia ricco di metalli (quindi di lave altofondenti) in quanto scarsamente differenziato: questa scarsa differenziazione potrebbe derivare da un continuo rimescolamento interno prodotto da un eccesso di calore mareale. Una abbondanza di calore che, secondo i conti di A. McEwen (Lunar and Planetary Laboratory, University of Arizona) ne avrebbe rifuso tutta la massa per un numero minimo di 40 volte!

Più in generale, le osservazioni spaziali del secolo passato (Voyager e Galileo) pur raffinate, non sono riuscite a chiarire il meccanismo intrinseco (canali caldi dal mantello profondo o oceano magmatico globale più superficiale) con cui l'interazione mareale di Giove stimola lo straordinario vulcanesimo di Io. Anche perché le varie osservazioni 'storiche' hanno in gran parte trascurato le regioni polari del satellite, senza delle quali è impossibile una visione globale della crosta superficiale. Una situazione che è cambiata 20 anni dopo, grazie alle peripezie della missione JUNO, che pure era nata per la sola esplorazione di Giove, ovvero con caratteristiche orbitali tali da trascurare quasi completamente i satelliti.

Durante questi passaggi vennero attivati tre sensori principali: la camera a colori JunoCAM (quella che ci fa 'brillare di continuo gli occhi' con le riprese delle nuvole di Giove), la camera monocromatica SRU (Stellar Reference Unit), la telecamera di navigazione che fotografando le stelle permette alla Juno di mantenere la rotta e la camera infrarossa italiana JIRAM (Jovian InfraRed Auroral Mapper) che lavora nel campo 2-5 micron, quindi è particolarmente sensibile a tutti i fenomeni termici. Ganimede venne sfiorato il 7 Giugno 2021 (PJ34) e il successivo 20 luglio (PJ35) rispettivamente da 1038 e 50.000 km. Durante il PJ34 vennero ottenute spettacolari immagini a colori della superficie

illuminata (risoluzione di 1 km) ed altrettanto impressionanti furono le immagini monocromatiche (risoluzione max di 0,6 km) della parte notturna, irrorata dal chiarore di Giove. Questo flyby stretto da 1038 km con Ganimede ha prodotto una riduzione da 53 a 43 giorni del periodo orbitale, permettendo, durante il PJ45 del 29 Settembre 2022 un flyby stretto (350 km) con Europa. In questo frangente venne raggiunta una risoluzione di 300 m che, nella porzione di superficie illuminata dalla luce riflessa di Giove, ha permesso alla camera SRU di rilevare un terreno caotico di 37x87 km ( 0-6°N. 43-51° Ovest) sede di chiare modificazioni rispetto a quanto osservato in passato dalla Galileo:



Sopra: GALILEO 1997 (Ris.=1km)  
Sinistra: JUNO 2022 (Ris.=0,3 Km)

0-6°N and 43.5-51°W

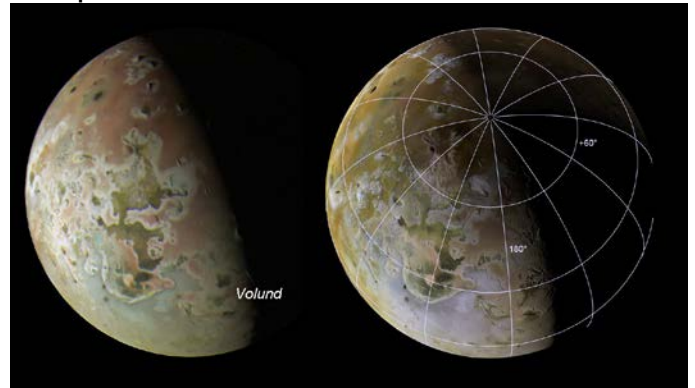
## 2) JUNO-FIRE: ALLA RISCOPERTA DI IO.

Fugaci osservazioni di Europa erano state effettuate durante il PJ37 (16 Ottobre 2021) da 81360 km e il PJ40 (24 Febbraio 2022) da 46.982 km, quindi ininfluenti sui parametri orbitali della JUNO. Invece il flyby stretto del PJ45 ha comportato una ulteriore diminuzione a 38 giorni del periodo orbitale, portando la JUNO ad una serie di incontri ravvicinati con l'influocata Luna Io denominata FIRE (*Flyby of Io with Repeat Encounter*). Tra questi, due straordinari flyby stretti da 1500 km il 30 Dicembre 2023 (PJ57) e il 3 Febbraio 2024 (PJ58):

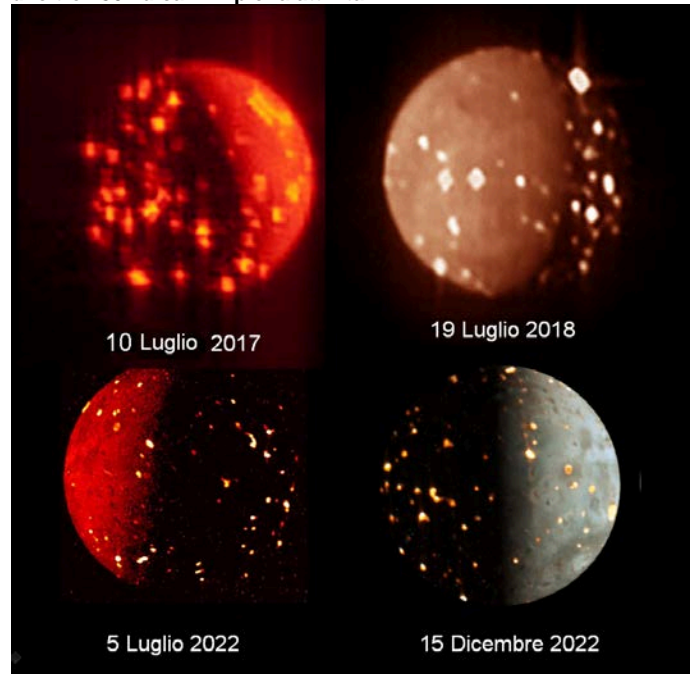
Perijove	Data	Distanza min da Io	Risoluzione JunoCAM	Risoluzione JIRAM
PJ41	April 9, 2022	105,846 km	71.2 km/pixel	26.2 km/pixel
PJ43	July 5, 2022	86,130 km	57.9 km/pixel	20.5 km/pixel
PJ47	December 14, 2022	63,744 km	42.9 km/pixel	15.7 km/pixel
PJ49	March 1, 2023	51,521 km	34.7 km/pixel	13.2 km/pixel
PJ51	May 16, 2023	35,555 km	23.9 km/pixel	9.1 km/pixel
PJ53	July 31, 2023	22,202 km	14.9 km/pixel	6.8 km/pixel
PJ55	October 15, 2023	11,641 km	7.8 km/pixel	2.9 km/pixel
PJ57	December 30, 2023	1,500 km	1.2 km/pixel	0.36 km/pixel
PJ58	February 3, 2024	1,500 km	2.4 km/pixel	0.45 km/pixel
PJ60	April 9, 2024	15,000 km	10.1 km	3.6 km
PJ62	June 13, 2024	30,000 km	20.2 km	7.1 km
PJ64	August 18, 2024	40,000 km	26.9 km	9.5 km
PJ66	October 22, 2024	55,000 km	37.0 km	13.1 km
PJ68	December 27, 2024	67,500 km	45.4 km	16.0 km
PJ70	March 2, 2025	77,500 km	52.1 km	18.4 km
PJ72	May 6, 2025	90,000 km	60.5 km	21.4 km
PJ74	July 11, 2025	95,000 km	63.9 km	22.6 km
PJ76	September 14, 2025	115,000 km	77.4 km	27.3 km

Ne sono derivate ulteriori diminuzioni del periodo orbitale della JUNO, prima da 38 a 35 giorni e poi a 33 giorni. In realtà la camera infrarossa JIRAM aveva già ripreso (a 4,78 microns) da lontano (450.000 km) almeno 242 vulcani in eruzione su Io in una dozzina di occasioni tra i PJ10-33. Poi, a partire dal PJ49 (1 Marzo 2023) è iniziata una serie di incontri a distanza inferiore a 50.000 km, distanza che, durante tutto il 2023, è progressivamente diminuita fino ai ricordati due flyby da 1500 km del PJ57 e PJ58. Con l'informazione che, per ragioni di geometria orbitale, sono state scrutate soprattutto le regioni polari Nord e Sud di Io, quelle, tra l'altro, in parte trascurate dalla sonda Galileo, le cui 34 orbite furono sostanzialmente equatoriali. Le sequenze di immagini JunoCAM e JIRAM ottenute durante i PJ51 (min distanza=35.000 km), PJ53 (min distanza=22.000 km), PJ55 (11.500 km) sono tutte più o meno centrate sulla settentrionale Bulicame Regio e vi si notano alcune nette variazioni rispetto ai tempi della Galileo: tra

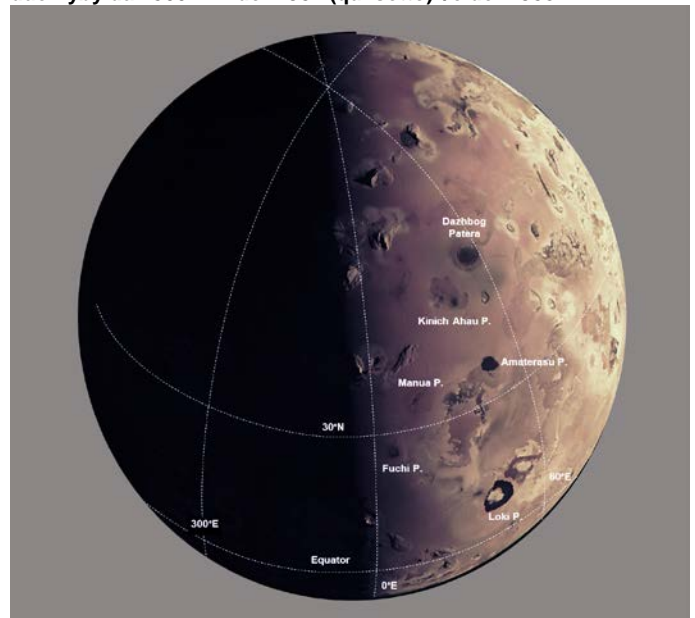
queste una attivazione del vulcano Volund (28.6°N e 172,5° Ovest) con la produzione di oltre 300 km<sup>2</sup> di nuova lava:



Immagini comparative JunoCAM-JIRAM mostrano poi la posizione di oltre 250 vulcani in piena attività:

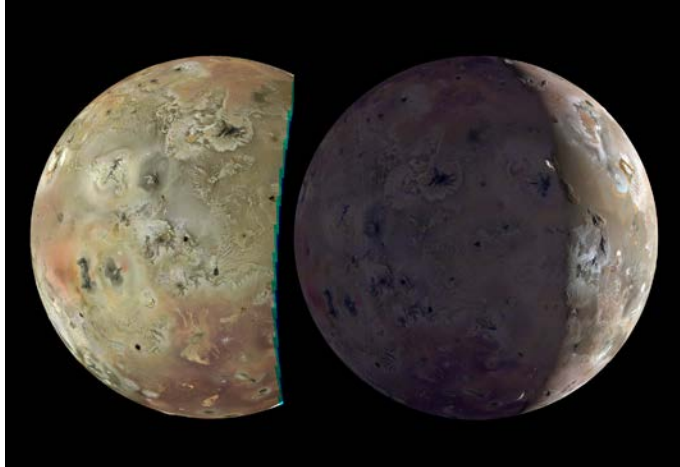


Tutte cose interessanti, quindi, ma neanche lontanamente paragonabili alle incredibili immagini raccolte dalla JUNO durante i due flyby da 1500 km del PJ57 (qui sotto) e del PJ58:



Da notare, in alcune di queste singole immagini, la luce cinerea di Giove che illumina parzialmente anche la parte in ombra, per-

mettendo una visione nitida anche del terreno non illuminato. Per esempio questa immagine NOTTURNA, ripresa durante il PJ58 del 3 Febbraio 2024, mostra gli stessi dettagli della controparte illuminata:



Questo ha reso possibile, per esempio, scoprire un nuovo gigantesco flusso di lava emergente dal vulcano Tonatiuh (52N e 77 Ovest): si tratta del massimo deposito di zolfo fuso scoperto sul satellite, con la sua lunghezza di oltre 500 km.

Sono stati visti anche pennacchi vulcanici emergenti dal bordo del satellite. Per esempio il pennacchio in eruzione del vulcano Prometheus (1,5° S e 154° Ovest) è stato intravisto da 11.500 km durante il PJ55 del 15 Ottobre 2023 e poi magnificamente immortalato in un'immagine ripresa durante il PJ57 da circa 5.000 km. E' una scoperta notevole perché dimostra che su Io questo, come altri vulcani (tipo Loki), sono rimasti continuamente attivi da oltre mezzo secolo, ossia dai tempi dei Voyager!

Sempre sul bordo, durante il PJ58 è stato intravisto un nuovo doppio pennacchio attribuibile al vulcano Kanehekili (18,2° S e 33,6° Ovest):



Soprattutto importanti sono state le informazioni sui terreni delle regioni polari. Intanto, a cavallo del terminatore, sono stati individuati alcuni alti picchi montuosi di dimensioni incredibili (alti fino a 5-7 km, in base alle ombre del terminatore) che non mostrano tracce di emissione termica: sembrano quindi formazioni rocciose, legate a qualche tipo di attività geologica recente, inevitabilmente veicolata da una massa parzialmente silicatica:

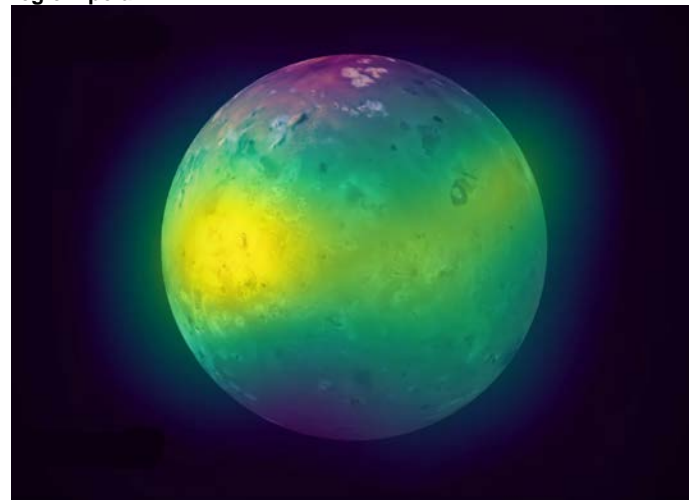


Dalla disamina ottica del numero di infossature ricolme di zolfo

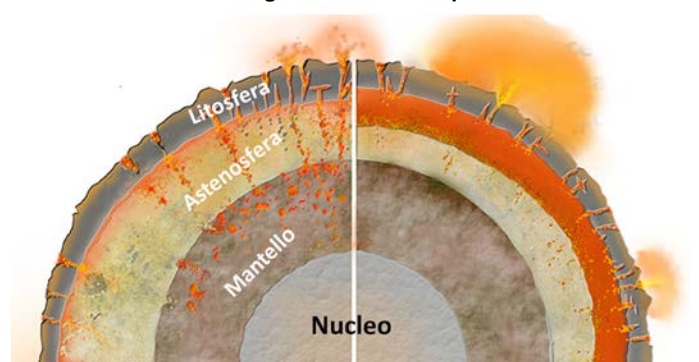
fuso scuro (caldere vulcaniche a livello del suolo) e dalla misura infrarossa delle macchie termiche (JIRAM ne ha individuate 266 tra PJ10 e PJ43) è apparso chiaro che dalle regioni polari, pur essendo più o meno simile la densità di centri vulcanici (vedi es. immagine di due caldere polari qui sotto), emerge una quantità di calore (per unità di area) del 60% inferiore a quella della fascia equatoriale: la causa potrebbe essere una crosta polare più spessa di quella equatoriale:



Per ragioni poco chiare la regione polare Sud è anche molto più 'fredda' della controparte Nord. Una interessante conferma che l'attività vulcanica di Io è soprattutto equatoriale è stata ottenuta nel Marzo 2018 dal radiointerferometro ALMA, che ha osservato (a 332 MHz) come la SO<sub>2</sub> gassosa di provenienza vulcanica si concentri nella fascia equatoriale e sia praticamente assente nelle regioni polari:



Questa riscontrata dicotomia nella distribuzione del calore emergente dalla superficie del satellite è molto importante: sembra infatti dimostrare che la fonte primaria del materiale fluido che alimenta i vulcani di Io sia un oceano magmatico appena sotto la superficie equatoriale (a destra nello schema sotto) e non una serie di canali caldi emergenti dal mantello profondo:



Una informazione che, se confermata, recherebbe beneficio anche le due prossime missioni di esplorazione di questi satelliti: l'europea JUICE che, lanciata il 14 Aprile 2023, entrerà nel 2034 in orbita attorno a Ganimede e l'americana CLIPPER che dovrebbe essere lanciata nell' Ottobre di quest'anno per una serie di sorvoli ravvicinati di Europa a partire dalla fine del 2030.

## LA FAMOSA SN1987A SCRUTATA DAL SUPER-TELESCOPIO JWST.

Quasi 40 anni fa (era il 23 Febbraio 1987) esplose a 170.000 a.l. di distanza, nella grande nube di Magellano, la supernova più brillante degli ultimi 4 secoli, tanto è vero che lo scopritore, Ian Shelton, la individuò ad occhio nudo come stella di 3° magnitudine.

Ad esplodere fu la stella Sanduleak -69 202, una gigante blu di 10-15 masse solari. Fu una sorpresa enorme perché, fino ad allora, si pensava che ad esplodere come supernovae fossero solo le supergiganti rosse. In ogni caso è noto che se il nucleo RESIDUO della stella ha una massa tra 1,4 e 2,8 masse solari, esso collassa su se stesso divenendo una stella di neutroni ultra densa e ultraveloce in rotazione, oltre che dotata di un potentissimo campo magnetico (si tratta, come noto, di una pulsar). Contemporaneamente il 99% dell'energia viene emessa sotto forma di neutrini. Se però la massa del nucleo residuo è maggiore di 2,8 masse solari, il collasso è ancora più intenso producendo un buco nero.

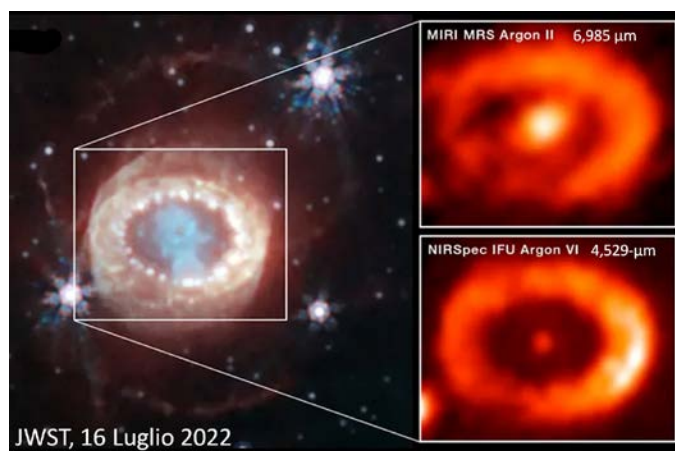
Nel caso della SN1987 A (SCIENCE, 276, 1344, 30 Maggio 1997) il rivelatore giapponese di Kamikande rivelò una ventina di neutrini in 12 secondi, una dimostrazione chiara della formazione di una pulsar, ovvero di una stella di neutroni delle dimensioni della Terra.

Ma il 'gran polverone' sollevato dall'esplosione ha da sempre impedito di vedere direttamente questa pulsar. Peraltro l'onda d'urto a 5000 km/s ha progressivamente prodotto, negli anni l'accensione di una collana di punti luminosi su un alone di materiale che la stella aveva espulso almeno 20.000 anni prima.

Osservazioni fatte dal radio-interferometro ALMA in Giugno-Settembre 2015 in varie bande millimetriche (Fig) sia di polvere (silicati) che di gas (CO, H<sub>2</sub>) individuarono, vicino al centro dell'esplosione un residuo di circa 0,5 masse solari (dimensioni= 4000x3000 u.a.) anormalmente 'scaldato' (33 K...) da una fonte vicina molto compatta (*High Angular Resolution ALMA Images of Dust and Molecules in the SN 1987A Ejecta*, ApJ, 886:51 (27pp), 20 Novembre 2019).

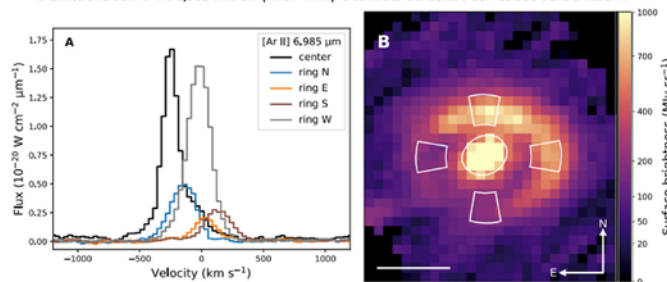
Nel 2021 un team di ricercatori guidati da Emanuele Greco (Dip. Di Fisica dell'Università di Palermo) ha rielaborato una serie di dati raccolti nel 2012, 2013 e 2014 con i satelliti per raggi X Chandra (Advanced CCD Imaging Spectrometer ACIS) e NuSTAR (Cadmium-Zinc-Telluride CZT) scoprendo una chiara componente ad alta energia (10-20 Kev) proprio in corrispondenza della ipotetica posizione della pulsar. (*Indication of a Pulsar Wind Nebula in the Hard X-Ray Emission from SN 1987* (ApJ Letters, 908 L45, 20 Febbraio 2021).

Questo ambiente così oscurato dalla polvere era inevitabile che fosse un target ideale per il super-telescopio JWST, grazie alle sue ben note potenzialità infrarosse. Nell'ambito dei progetti del Ciclo 1 di osservazioni JWST un team di ricercatori inglesi guidati da Gillian Wright (ESA-United Kingdom Astronomy Technology Centre) ha lanciato il progetto GTO 1232 sul tema: *SN 1987- The Formation and Evolution of Dust in a Supernova Explosion*. Scopo: effettuare osservazioni sia nel vicino infrarosso (spettrometro NIRCcam) sia nell'infrarosso medio (spettrometro MIRI). I primi risultati, pubblicati il 22 Febbraio 2024 sulla rivista SCIENCE (*Emission lines due to ionizing radiation from a compact object in the remnant of Supernova 1987*, 383, pp. 898-903) sono stati forse decisivi per la conferma di una pulsar al centro della SN1987A:



Spettri ad alta risoluzione ottenuti il 16 Luglio 2022 in corrispondenza della posizione dell'ipotetica pulsar hanno infatti evidenziato la presenza di una serie di righe 'proibite' di Ar (Argo) e S (Zolfo) (elementi derivanti - è noto - dalla fusione nucleare di Ossigeno e Silicio durante l'esplosione di una supernova):

Emission lines due to ionizing radiation from a compact object in the remnant of Supernova 1987A  
SCIENCE, 383 (ISSUE 6685), 898-903 (22 Febbraio 2024)  
L'emissione dell'Ar II a 6,985 micron (JWST-MIRI) è centrata sul centro del residuo della SN1987A



Le righe 'proibite' si riferiscono ad elementi altamente ionizzati, spiegabili nel modo migliore dall'azione della radiazione altamente energetica proveniente dalla pulsar centrale sul materiale emesso in fase di esplosione. Il NIRSpec ha individuato la riga dell'Ar VI (Ar tre volte ionizzato) a 4,529 μm, mentre MIRI ha individuato le righe di ArII e ArIII a 6,985 e 0,991 μm, e le righe di SIV e SIII a 10,510 e 18,713 μm. Queste righe mostrano uno spostamento Doppler di circa 260 km/s paragonabile a quello del centro della SN1987A, il che è una ulteriore conferma della loro provenienza.

La sonda **OSIRIS-REx** la prima missione della **NASA** per raccogliere e restituire un campione di suolo da un asteroide vicino alla Terra è stata lanciata nel 2016 per aiutare gli scienziati a conoscere la formazione del sistema solare e della Terra come pianeta abitabile. Dopo aver visitato l'asteroide **Bennu** e aver inviato la sua capsula con i campioni di suolo dell'asteroide verso la Terra, alla navicella restava abbastanza carburante per intraprendere un viaggio verso l'asteroide **Apophis**. Pertanto la NASA ha esteso la missione chiamandola **Apophis Explorer** o (APEX). Nel suo massimo avvicinamento, il 13 aprile 2029, l'asteroide **Apophis** alto circa quanto l'Empire State Building e tre volte più largo e lungo, sarà visibile ad occhio nudo da Europa, Africa e parti dell'Asia. L'asteroide sarà circa tre volte più debole della stella polare. Ciò lo renderà visibile dai luoghi più bui senza attrezzature speciali e dalle aree illuminate con un binocolo. Anche se non sarà estremamente luminoso, Apophis sarà riconoscibile dal suo movimento: si sposterà nel cielo di circa un diametro Lunare ogni minuto circa. Se l'asteroide dovesse colpire la Terra, l'energia della collisione sarebbe all'incirca equivalente a 1.000 delle più potenti bombe nucleari nell'arsenale terrestri. Per fortuna questo non accadrà e in futuro speriamo di aver imparato a difenderci da questi pericoli. **OSIRIS-APEX** non raccoglierà un campione, ma studierà l'asteroide per 18 mesi raccogliendo i dati lungo il percorso. Apophis ha all'incirca le stesse dimensioni di Bennu (lungo circa 300m), ma differisce in quello che viene chiamato il tipo spettrale: mentre Bennu è un asteroide di **tipo B** legato ai meteoriti tipo *condriti carboniose*, Apophis è un asteroide di **tipo S** legato a meteoriti tipo *condriti ordinarie*. Quando Apophis volerà vicino alla Terra nell'aprile 2029, OSIRIS-APEX lo seguirà da vicino, passando solo un'ora dopo l'asteroide, per raggiungerlo circa una settimana più tardi. Dopo essersi avvicinato gradualmente, OSIRIS-APEX inizierà a mappare l'asteroide e a misurarne la forma, la massa e la composizione chimica. Questi dati consentiranno al team di missione di selezionare un sito per la manovra **STIR** (*Spacecraft Thruster Investigation of Regolith*), quando la sonda sparerà con i suoi propulsori su Apophis per eliminare parte della superficie più esterna e rivelare cosa c'è sotto. Successivamente OSIRIS-APEX inizierà una campagna di un anno e mezzo per monitorare da vicino l'orbita di Apophis. Gli scienziati vogliono anche studiare come l'asteroide sarà fisicamente influenzato dall'attrazione gravitazionale della Terra nell'avvicinamento del 2029 e saranno particolarmente focalizzati sulla misurazione di come la radiazione termica di Apophis ne influenzi la traiettoria. Questo fenomeno, chiamato **effetto Yarkovsky**, rimane un grosso ostacolo alla previsione di quali asteroidi potrebbero colpire la Terra. In caso di successo, OSIRIS-APEX trasformerà il passaggio ravvicinato tra la terra e un grande asteroide in un'opportunità per comprendere meglio gli asteroidi e saperne di più su come si è formato il Sistema Solare, aiutandoci a prevenire futuri impatti.

La più grande nuova missione spaziale dell'anno sarà **Europa Clipper**, il cui lancio è previsto nell'ottobre 2024. La missione valuterà se **Europa**, luna di Giove, potrebbe ospitare e sostenere la vita nell'oceano che pensiamo esservi sotto la sua superficie ghiacciata. La sonda orbiterà direttamente attorno a Giove invece che a **Europa**, trascorrendo la maggior parte del suo tempo al di fuori dell'intenso campo di radiazioni del pianeta. La navicella spaziale si immergerà periodicamente attraverso le radiazioni di Giove, volerà vicino a **Europa** per la raccolta dei dati e poi si allontanerà di nuovo. Questa strategia consentirà a **Europa Clipper** di studiare la luna gioviana per anni anziché per giorni o mesi. Includendo i suoi pannelli solari, Europa Clipper si estende per 22 m, di fatto più grande di un campo da basket. La navicella spaziale è dotata di un'ampia gamma di strumenti scientifici per scandinare **Europa** dall'alto e campionare direttamente la tenue atmosfera della luna. Uno strumento radar ne mapperà il ghiaccio, mentre un magnetometro determinerà la profondità e la salinità dell'oceano. Le telecamere a colori e a infrarossi mapperanno la superficie e cercheranno i punti caldi in cui l'oceano potrebbe filtrare attraverso il guscio di ghiaccio. Gli spettrometri determineranno la composizione della superficie e analizzeranno eventuali pennacchi che sprigionano acqua nello spazio. La sonda spaziale dispone anche di strumenti per campionare direttamente l'atmosfera di **Europa**, compresa l'eventuale acqua oceanica e le particelle superficiali lanciate nello spazio dalle radiazioni di Giove. **Europa Clipper** esplorerà anche i luoghi in cui potrebbero atterrare le future missioni spaziali. *Una missione presa in considerazione dalla NASA per un futuro lancio trascorrerebbe un mese sulla superficie di Europa, inserendo campioni in strumenti progettati per rilevare materiali organici.*

Anche il lancio della missione **Hera** è previsto nell'ottobre 2024. La navicella spaziale visiterà l'asteroide **Didymos** e la sua piccola luna **Dimorphos**, che la navicella spaziale **DART** ha intenzionalmente colpito nel 2022. Hera indagherà sulle conseguenze dell'impatto causato da DART, aiutandoci a capire se colpire un asteroide con una navicella spaziale è un modo efficace per deviare un asteroide in rotta di collisione con la Terra.

Quest'anno è previsto anche il lancio di **ESCAPADE**, una coppia di piccoli veicoli spaziali che studieranno come l'atmosfera di Marte sfugge dal pianeta nello spazio. Il lancio di questa missione è previsto per agosto a bordo del primo volo del razzo **New Glenn** di **Blue Origin**. Se New Glenn non sarà

pronto in tempo, **ESCAPADE** dovrebbe essere ritardata fino alla prossima finestra di lancio che con Marte si apre ogni due anni circa (la prossima sarà quindi nel 2026).

Due missioni su Venere potrebbero essere lanciate già a dicembre: **Venus Life Finder**, una missione di RocketLab e MIT, invierà una sonda nell'atmosfera di Venere per cercare molecole organiche, mentre l'orbiter indiano **Shukrayaan** studierà per 4 anni molteplici aspetti di Venere, compreso il sottosuolo del pianeta. I ritardi del lancio di quest'ultimo, legati alla pandemia, hanno spinto la data di lancio a dicembre 2024 con una data di backup a metà 2026 (le finestre di lancio ottimali per raggiungere Venere si verificano circa ogni 19 mesi). L'agenzia spaziale indiana riferisce che il lancio di Shukrayaan è attualmente previsto sul razzo indiano **GSLV Mk II**, tuttavia si sta valutando il possibile utilizzo del più potente razzo **GSLV Mk III**, che consentirebbe a Shukrayaan di trasportare più strumenti o carburante. Una decisione sul veicolo di lancio è prevista quando l'**ISRO** congelerà la configurazione della missione e il set finale di strumenti da imbarcare nei prossimi 3-6 mesi. Nella sua configurazione attuale, l'orbiter pesa circa 2.500Kg e trasporterà un carico scientifico costituito da un radar ad apertura sintetica e altri strumenti. Una volta lanciato, si prevede che Shukrayaan impiegherà alcuni mesi per raggiungere Venere, dove entrerà in un'orbita polare altamente ellittica di 500 x 60.000 Km attorno al pianeta. Nel corso dell'anno successivo utilizzerà la **tecnica di aerobraking** (utilizzo del attrito dell'atmosfera in modo controllato per rallentare la sonda durante i vari passaggi) per abbassare la sua orbita a 200 x 600 Km, che sarà utilizzata per le osservazioni scientifiche. Gli obiettivi scientifici primari della missione sono mappare la superficie e il sottosuolo di Venere, studiando al contempo la chimica atmosferica del pianeta e l'interazione con il vento solare. La navicella spaziale **Lucy**, lanciata nel 2021 (Programma **Discovery** della NASA per esplorare il Sistema Solare), dopo il **gravity assist** con la terra del 16 ottobre 2022 ha continuato la sua rotta verso il "meraviglioso" asteroide **Dinkinesh** che ha incontrato lo scorso 1° novembre 2023. La restituzione dei dati del suo primo incontro con un asteroide è stata una autentica sorpresa: non solo c'era un satellite attorno all'asteroide, ma addirittura questo satellite era esso stesso binario a contatto, ovvero è composto da due oggetti più piccoli che si toccano uno con l'altro. Il prossimo gravity assist con la terra è previsto per il 13 dicembre 2024: ciò indizzerà Lucy verso la fascia principale degli asteroidi, dove sorvolerà un asteroide nell'aprile 2025 prima di raggiungere gli **asteroidi troiani** di Giove nel 2027. Nel corso della sua missione di 12 anni, Lucy esplorerà un numero record di asteroidi: due (più un satellite appena scoperto) appartengono alla **cintura di asteroidi** che circondano il Sole tra le orbite di Marte e Giove, poi otto Troiani. Lucy inoltre volerà vicino alla Terra tre volte per i gravity assist divenendo la prima navicella spaziale a tornare nelle vicinanze della Terra dal sistema solare esterno. La missione Lucy prende il nome dallo scheletro di uno dei primi ominidi (pre-antenato umano) ritrovato in **Etiopia** nel 1974: battezzato "**Lucy**" dal team di paleoantropologi che lo scoprì, ha fornito informazioni uniche sull'evoluzione umana. Analogamente la missione Lucy promette di espandere la nostra conoscenza sull'origine dei pianeti.

Negli ultimi anni la **Cina** è stata impegnata ad esplorare il Sistema Solare interno. La loro prima missione interplanetaria, **Tianwen-1**, è stata lanciata verso Marte nel 2020 atterrando con il rover **Zhurong** nel maggio 2021. **Tianwen-2** è in fase di sviluppo e verrà lanciata nel 2025: la missione prevede di raggiungere un asteroide vicino alla Terra e una cometa della fascia principale. **Tianwen-3**, una missione ambiziosa che vorrebbe riportare campioni di suolo marziano a terra, è in fase di pianificazione. Anche i piani della Cina per esplorare il **Sistema Solare esterno** stanno prendendo forma, con la luna di Giove **Callisto** come obiettivo principale. La prossima missione, che si chiamerà **Tianwen-4**, sta prendendo in considerazione due scenari principali: il **Jupiter Callisto Orbiter**, che si concentrerebbe sulla luna galileiana e possibilmente includerebbe un lander, o il **Jupiter System Observer**, che studierebbe i satelliti irregolari del gigante gassoso. Sembra che Callisto sarà l'obiettivo principale: la missione prevede il lancio di Tianwen-4 nel settembre 2029. La navicella spaziale utilizzerà un gravity assist da Venere nel 2030 e dalla Terra nel 2031 e 2033, per arrivare su Giove nel dicembre 2035. A questo punto, la navicella spaziale principale entrerà in orbita attorno al pianeta, ma rilascerà un'altra sonda che si dirigerà verso **Urano** effettuandone un sorvolo per studiare il misterioso e lontano gigante di ghiaccio. Secondo questo profilo, la navicella spaziale sfreccerà vicino ad Urano nel marzo 2045. Tornando a Giove, la sonda spaziale principale entrerà in orbita attorno a Callisto, la più esterna delle quattro lune galileiane. Prima potrebbe, sebbene non nella migliore configurazione per quello scenario, effettuare un rilevamento dei satelliti irregolari (si pensa siano planetesimi catturati da Giove e siano troppo piccoli per essere osservati dai telescopi). La portata e l'equilibrio degli obiettivi scientifici sono ancora oggetto di discussione nella comunità scientifica planetaria cinese. Quest'anno dobbiamo anche ricordare **Bepicolombo**, la sonda **ESA** lanciata nel 2018, che nel 2024 sorvolerà Mercurio due volte, il 5 settembre e il 2 dicembre: questi gravity assist la metteranno sulla corretta traiettoria per un sorvolo finale di Mercurio e l'inserimento in orbita nel 2025.