

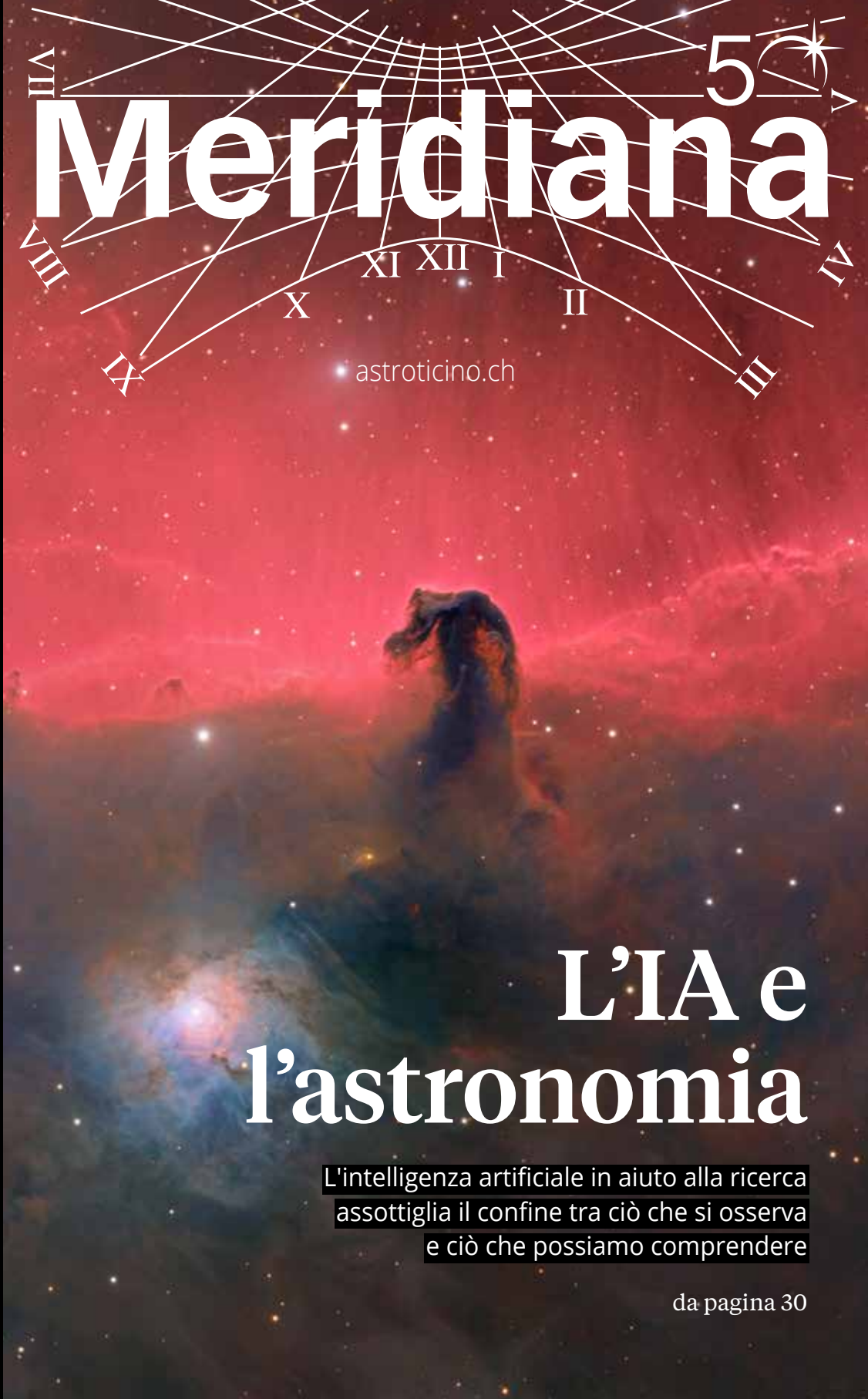
Meridiana

astroticino.ch

L'IA e l'astronomia

L'intelligenza artificiale in aiuto alla ricerca
assottiglia il confine tra ciò che si osserva
e ciò che possiamo comprendere

da pagina 30



L'IA, senza dimenticare la materia oscura

Pagina 32, ultime righe del paragrafo che introduce l'intervista. "Il quadro che emerge è quello di una IA già parte integrante dei processi automatici di osservazione spaziale, rendendo le osservazioni più rapide, intelligenti e autonome. In prospettiva, le future missioni combineranno osservatori autonomi, analisi in tempo reale e apprendimento continuo, trasformando radicalmente il modo in cui esploriamo l'universo". Sono le parole di Maria Grazia Giuffreda, direttrice associata del Centro svizzero di calcolo scientifico di Lugano, raccolte dal nostro Giona Carcano. Di materia oscura - argomento affascinante e allo stesso tempo fondamentale per capire (meglio) i destini dell'universo - parla Marco Lombardi, astrofisico e professore alla Statale di Milano in un'altra stimolante intervista. E anche stavolta troverete articoli di astronomia pratica. Fra cui quello di Stefano Sposetti, responsabile del gruppo di osservatori della SAT dedicato allo studio dei corpi minori del Sistema solare, sulle occultazioni asteroidali seguite da più siti grazie a postazioni mobili. Da segnalare poi l'articolo di Aline Bianda (figlia d'arte, suo papà è l'astrofisico ticinese e già direttore dell'Irsol Michele Bianda) riguardante il proprio lavoro di maturità. Lavoro che consisteva, illustra la stessa Aline, nel determinare in maniera accurata "la temperatura di specifiche macchie solari usando la temperatura e la concentrazione di molecole di monidrurio di magnesio (MgH) misurate in esse analizzando gli spettri molecolari di assorbimento". Insomma, qualcosa di tosto. Dunque un numero di Meridiana davvero ricco nella transizione tra il 2025 e il 2026.

In copertina

La nota nebulosa oscura della Testa di cavallo o IC434, in Orione ripresa da Nicola Beltraminelli con un rifrattore di 180mm in colori naturali (LRGB) con l'aggiunta dell'emissione idrogeno alfa (Ha) per rivelare le strutture filamentose della nebulosa. 61 ore di posa.

Vuoi abbonarti?

Per non perdere nemmeno un numero di Meridiana basta diventare soci della Società Astronomica Ticinese (www.astroticino.ch) e/o dell'Associazione Specola Solare Ticinese. La quota sociale SAT è di 40.- franchi all'anno (20.- per gli under 20 anni) e

può essere versata sul conto postale 65-157588-9 intestato alla Società Astronomica Ticinese. L'iscrizione alla SAT comprende l'abbonamento a Meridiana (valore di 30.-), garantisce di poter prendere in prestito il telescopio e la ccd della società.

È possibile anche abbonarsi a Meridiana al prezzo di 30.- franchi all'anno.

Gruppi d'attività

I responsabili sono a disposizione per domande.

Stelle variabili

Andrea Manna
andreamanna@bluewin.ch

Sole

Renzo Ramelli
renzo.ramelli@irsol.usi.ch

Meteorite, Corpi minori,

LIM e Pianeti

Stefano Sposetti
stefanosposetti@ticino.com

Astrofotografia

Carlo Gualdoni
gualdoni.carlo@gmail.com

Inquinamento luminoso

Stefano Klett
stefano.klett@gmail.com

Gruppo giovani

Davide Speziga
davide@speziga.ch

Strumenti

Francesco Fumagalli
fumagalli_francesco@hotmail.com

Nuove tecnologie

Luca Bartek
nuovetecnologie@thespacekoala.com



www.astroticino.ch/abbonati

Sommario

Numero 298 - Gennaio - Febbraio 2026



In copertina

L'IA e il cosmo

Come l'intelligenza artificiale renderà più sottile il confine tra ciò che possiamo osservare e ciò che possiamo comprendere. Intervista a Maria Grazia Giuffreda, direttrice associata del Centro svizzero di calcolo scientifico di Lugano

Astronotiziario
4 Le notizie
Una breve selezione di aggiornamenti dal mondo dell'astronomia e della ricerca.

Premio Fioravanzo
12 Quanto sono calde le macchie solari?

Come riuscire a ottenere valori di temperatura e concentrazione di molecole MgH partendo dai loro spettri di assorbimento

Le interviste
22 C'è più di quello che si vede?

L'universo sarebbe formato dal 5% di materia ordinaria e da ben il 25% di materia oscura. Ma di cosa si tratta? A colloquio con il Professor Marco Lombardi

Sul campo
28 Occultazioni da postazioni mobili

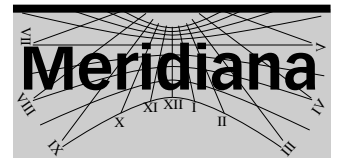
Per osservare questi fenomeni, bisogna essere nel posto giusto al momento giusto. E a volte è necessario spostarsi sul territorio.

Gruppi SAT
35 Gruppo Corpi minori nel 2024

Il rapporto del gruppo di lavoro SAT che si occupa di osservare le occultazioni asteroidali.

Osservare
38 Il cielo del bimestre e l'agenda

Cosa guardare in cielo durante questi due mesi e cosa fare in Ticino.



Bimestrale di astronomia

Editore
Società Astronomica Ticinese
c/o Specola Solare Ticinese
6605 Locarno Monti

Redazione
Luca Berti e Andrea Manna (direttori), Stefano Sposetti, Anna Cairati, Michele Bianda, Philippe Jetzer, Giona Carcano, Nicola Beltraminelli, Manjula Bhatia, Mariasole Agazzi

Impaginazione
William Berni

Stampa
Tipografia Poncioni SA
Losone

Abbonamenti
Importo minimo annuale
Svizzera CHF 30.-
Estero CHF 35.-

Con il sostegno della Repubblica e Canton Ticino / Aiuto federale per la lingua e cultura italiana

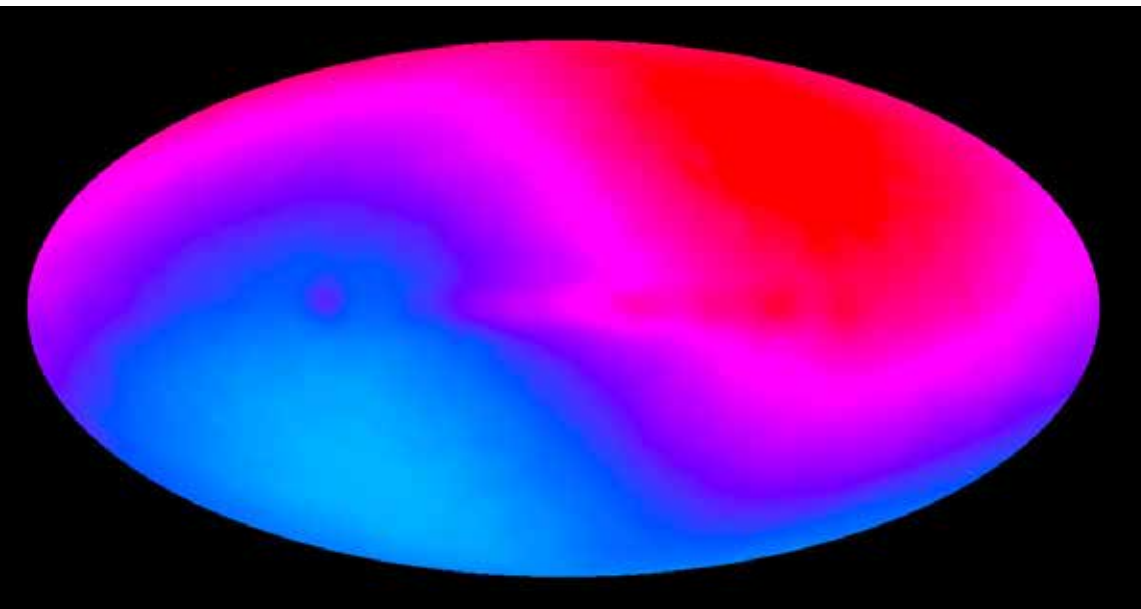
La responsabilità del contenuto degli articoli è degli autori

Astronotiziario

Sfrecciamo nel cosmo al triplo del previsto?

di Marco Malaspina (INAF)

Quando osserviamo l'universo, un aspetto del quale dobbiamo necessariamente tenere conto è che non siamo osservatori immobili rispetto a ciò che osserviamo, tutt'altro: rispetto al "fondo dell'universo" – la Cmb, la cosiddetta radiazione cosmica di fondo – il Sistema solare si muove a velocità tutt'altro che trascurabile. L'effetto emerge in modo netto, per esempio, dalle mappe della temperatura del fondo cosmico a microonde, che in media è di 2,7 Kelvin. In media, appunto: fra le regioni verso la quali ci muoviamo e quelle che invece ci lasciamo alle spalle la differenza dovuta al nostro moto arriva fino a 3,353 millikelvin. È la cosiddetta anisotropia di dipolo, quantitativamente la più significativa fra tutte le anisotropie del fondo cosmico. Dal dipolo è poi possibile estrapolare in che direzione e a che velocità si sta muovendo il Sistema solare nell'universo: stando alla misura appena riportata, rispetto alla Cmb corriamo a quasi 370 km/s, dunque oltre un millesimo della velocità della luce. Non poco.



Quei dati che non quadrano

L'anisotropia di dipolo ottenuta dalle misure della Cmb del satellite Cobe. (NASA)

Questo rispetto alla radiazione cosmica di fondo. Ora però una misura compiuta di recente – i risultati sono stati pubblicati questo mese su *Physical Review Letters* – rispetto, questa volta, non ai fotoni della Cmb bensì al segnale emesso da un elevatissimo numero di radiogalassie, ha dato un esito radicalmente diverso: mentre la direzione nella quale il Sistema solare si sta muovendo è sostanzialmente la stessa, l'ampiezza del segnale di dipolo è risultata 3,67 volte maggiore. Una discrepanza enorme: detto altrimenti, in base a questo "dipolo radio" il Sistema solare sta viaggiando a 1'357 km/s. Un risultato, va sottolineato, ottenuto dai dati di tre diversi radiotelescopi, fra i quali l'array di antenne a bassa frequenza Lofar, e con una significatività statistica elevata, oltre i canonici cinque sigma.

"La nostra analisi dimostra che il Sistema solare si sta muovendo a una velocità oltre tre volte superiore rispetto a quella prevista dai modelli attuali", dice il primo autore dell'articolo, Lukas Böhme, dell'Università di Bielefeld (Germania). "Un risultato in netta contraddizione con le aspettative basate sulla cosmologia standard e che ci costringe a riconsiderare le nostre precedenti ipotesi". Va anche ricordato che questa non è la prima misura di dipolo con un sistema di riferimento diverso dalla Cmb che porta a risultati discrepanti: è già successo con i dati in infrarosso relativi all'emissione dei quasar misurati da Wise, per esempio, e anche il fondo gamma misurato con il telescopio spaziale Fermi ha restituito un dipolo d'ampiezza molto superiore a quella attesa. Insomma, c'è qualcosa che non torna. Qualcosa di grosso. E già gli scienziati stanno cercando possibili spiegazioni. "Le origini di questa discrepanza possono essere varie, da errori sistematici sconosciuti fino alla possibilità di una nuova fisica", commenta uno dei coautori dello studio, Benedict Bahr-Kalus, ricercatore all'Inaf di Torino. "Non dobbiamo dimenticare che questa stessa anomalia è stata osservata in precedenza nei quasar rilevati dal satellite Wise. Ciò significa che, se fosse dovuta a effetti sistematici, sia le osservazioni da Terra – come queste in banda radio con Lofar – che quelle in infrarosso dallo spazio, dunque a due diverse lunghezze d'onda, dovrebbero essere influenzate in modo simile, mentre i dati satellitari relativi alla Cmb no".

"Un'altra possibilità", continua Bahr-Kalus, "è quella che chiamiamo clustering dipole: l'attrazione gravitazionale fa sì che gli oggetti locali si muovano verso regioni a più alta densità, aggiungendo così una componente alla velocità derivata dal sistema di riferimento della Cmb. Stando però al modello Lambda-Cdm, e tenendo conto di ciò che pensiamo di sapere sulle distanze e sulla relazione tra la distribuzione delle radiogalassie e la materia oscura, l'effetto del clustering dovrebbe essere trascurabile. Certo, può anche essere che l'energia oscura sia più debole di quanto previsto, come suggeriscono i recenti risultati di Desi, e dunque che la materia sia più raggruppata, portando a un maggiore dipolo dovuto al clustering. Tuttavia, anche in questo caso l'effetto, seppur maggiore, dovrebbe essere assai più piccolo dell'anomalia che abbiamo osservato. Esiste poi la possibilità che una parte significativa delle nostre radiosorgenti sia più vicina di quanto pensiamo, o sia raggruppata in modo diverso da quanto previsto. Va infatti ricordato che non possiamo misurare direttamente le loro distanze, e che la popolazione radio osservata è complessa – un misto di nuclei galattici attivi e di galassie con formazione stellare in corso. In questo caso, qualunque errore potrebbe portare a un aumento dell'ampiezza del dipolo. Rimane comunque strano che la direzione del dipolo radio sia allineata con il dipolo della Cmb, quando un dipolo dovuto al clustering potrebbe teoricamente puntare in qualsiasi direzione arbitraria".

"C'è anche un'ipotesi più radicale, che implicherebbe la rottura in epoche recenti del principio cosmologico", ricorda Bahr-Kalus riferendosi a teorie che prendono in esame la possibilità che l'universo non si comporti ovunque nello stesso modo, per esempio che possa espandersi in alcune direzioni a velocità diversa rispetto ad altre. "Sebbene personalmente quest'idea non mi convinca, non possiamo scartarla completamente, se tutte le altre spiegazioni falliscono". (Testo riprodotto su licenza Creative Commons: CC BY-NC-SA 4.0)

La forma di una supernova

di Redazione Eso

Quando l'esplosione di supernova Sn 2024ggi fu rivelata per la prima volta nella notte del 10 aprile 2024, Yi Yang, professore associato presso l'Università Tsinghua di Pechino, in Cina, e autore principale del nuovo studio, era appena atterrato a San Francisco dopo un lungo volo. Sapeva di dover agire in fretta. Dodici ore dopo, aveva inviato una proposta di osservazione all'Eso, che, dopo un rapidissimo processo di approvazione, puntò il telescopio Vlt (Very Large Telescope) dell'Eso (Osservatorio europeo australe) in Cile verso la supernova l'11 aprile, 26 ore appena dopo la scoperta.

SN 2024ggi si trova nella galassia Ngc 3621, in direzione della costellazione dell'Idra, a "soli" 22 milioni di anni luce di distanza da noi, quindi vicina in termini astronomici. Con un grande telescopio e lo strumento giusto, il gruppo internazionale di lavoro sapeva di avere una rara opportunità di svelare la forma dell'esplosione poco dopo il suo verificarsi. "Le prime osservazioni del Vlt hanno catturato la fase durante la quale la materia accelerata dall'esplosione vicino al centro della stella ha attraversato la superficie stellare. Per alcune ore, la geometria della stella e la sua esplosione potevano essere, e sono state, osservate insieme", dice Dietrich Baade, astronomo dell'Eso in Germania e coautore dello studio pubblicato oggi su Science Advances.

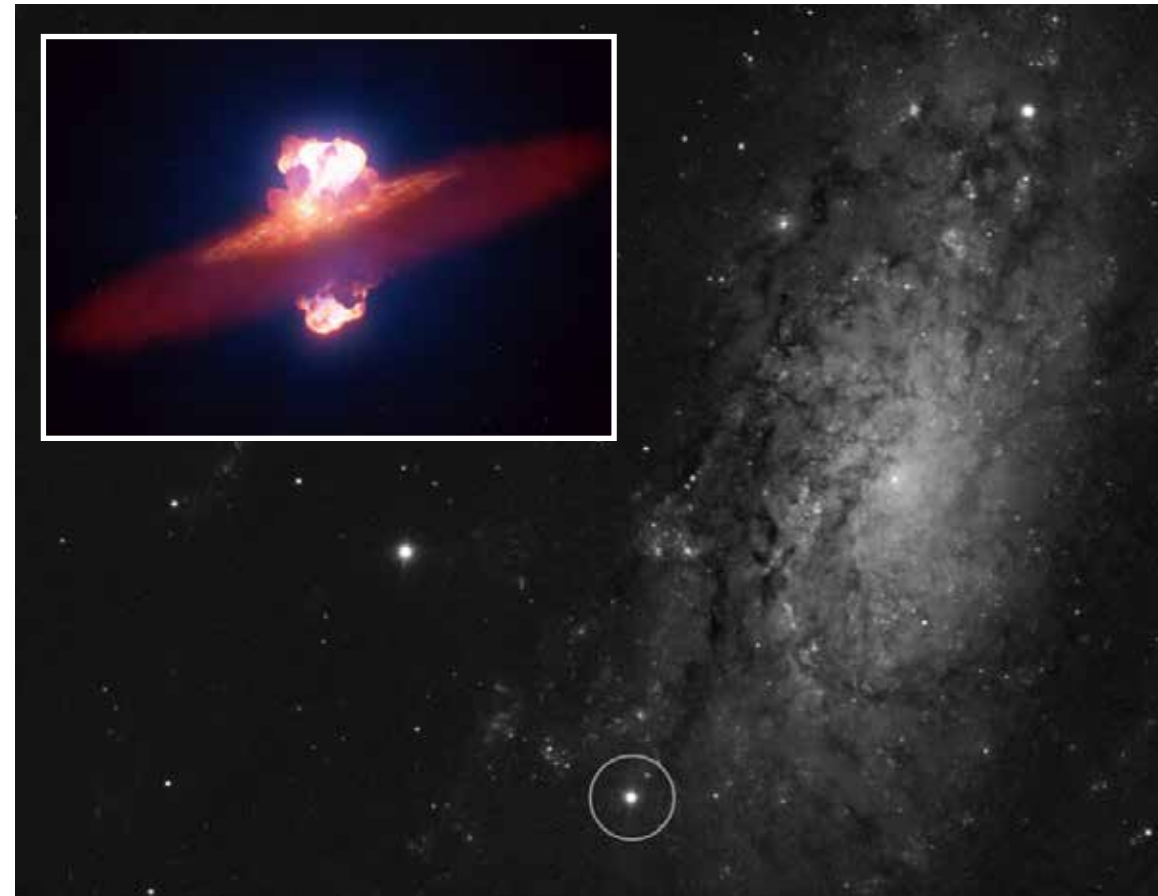
"La geometria di un'esplosione di supernova fornisce informazioni fondamentali sull'evoluzione stellare e sui processi fisici che portano a questi fuochi d'artificio cosmici", spiega Yang. I meccanismi esatti alla base delle esplosioni di supernova di stelle massicce, quelle con una massa superiore a otto volte quella del Sole, sono ancora dibattuti e rappresentano una delle domande fondamentali che gli scienziati vogliono affrontare. La progenitrice di questa supernova era una stella supergigante rossa, con una massa da 12 a 15 volte quella del Sole e un raggio 500 volte maggiore, il che rende Sn 2024ggi un classico esempio di esplosione di una stella massiccia.

Sappiamo che durante la propria vita una stella tipica mantiene la forma sferica grazie a un equilibrio molto preciso tra la forza gravitazionale che la vuole comprimere e la pressione del motore nucleare che la vuole espandere. Quando esaurisce l'ultima fonte di combustibile, il motore nucleare inizia a scricchiolare. Per le stelle massicce, questo segna l'inizio di una supernova: il nucleo della stella morente collassa, gli strati di massa circostanti cadono su di esso e rimbalzano. Questo urto di rimbalzo si propaga poi verso l'esterno, distruggendo la stella.

Una volta che l'urto oltrepassa la superficie, libera immense quantità di energia: la supernova aumenta notevolmente la propria luminosità e diventa osservabile. Durante una fase di breve durata, la forma iniziale della supernova, che possiamo chiamare "forma di breakout", può essere studiata prima che l'esplosione interagisca con il materiale che circonda la stella morente.

Questo è ciò che gli astronomi hanno ottenuto per la prima volta in assoluto con il Vlt dell'Eso, utilizzando una tecnica chiamata spettropolarimetria. "La spettropolarimetria fornisce informazioni sulla geometria dell'esplosione che altri tipi di osservazione non possono fornire perché le scale angolari sono troppo piccole", aggiunge Lifan Wang, coautore dell'articolo e professore alla Texas A&M University negli Stati Uniti d'America, che era studente all'Eso all'inizio della propria carriera astronomica. Anche se la stella che esplose appare come un singolo punto, la polarizzazione della luce trasmette indizi nascosti sulla geometria, indizi che questo gruppo è stato in grado di svelare.

L'unico strumento nell'emisfero australe in grado di catturare la forma di una supernova



La forma

Nell'immagine in bianco e nero, la posizione della supernova Sn 2024ggi nella galassia NGC 3621. A colori la rappresentazione artistica di come appare la supernova a 26 ore dalla prima detezione. (ESO/L. Calçada/Y. Yang et al.)

attraverso una tale misura è lo strumento Fors2 installato sul Vlt. Grazie ai dati di Fors2, gli astronomi hanno scoperto che l'esplosione iniziale di materiale aveva una forma allungata come un'oliva. A mano a mano che l'esplosione si diffondeva verso l'esterno e collideva con la materia intorno alla stella, la forma si appiattiva, ma l'asse di simmetria del materiale espulso rimaneva invariato. "Questi risultati suggeriscono un meccanismo fisico comune che guida l'esplosione di molte stelle massicce, che manifesta una simmetria assiale ben definita e agisce su larga scala", secondo Yang.

Con questa conoscenza, gli astronomi possono già escludere alcuni degli attuali modelli di supernova e aggiungere nuove informazioni per migliorarne altri, fornendo informazioni sulle potenti morti delle stelle massicce. "Questa scoperta non solo rimodella la nostra comprensione delle esplosioni stellari, ma dimostra anche cosa si può ottenere quando la scienza trascende i propri confini», conclude il coautore e astronomo dell'Eso Ferdinando Patat. "È un potente promemoria che curiosità, collaborazione e azione rapida possono svelare profondi indizi sulla fisica che plasma il nostro universo".

Cos'abbiamo imparato dall'ultima tempesta solare

di Valentina Guglielmo (INAF)

Eccezionale e molto chiacchierata, l'aurora che s'è vista (anche) nei cieli svizzeri e italiani nelle notti dall'11 al 13 novembre scorso. La causa è stata una tempesta solare piuttosto forte durante la quale il Sole ha emesso tre espulsioni coronali di massa (Cme) consecutive nell'arco di 48 ore. Le particelle emesse hanno raggiunto la Terra provocando una tempesta geomagnetica il cui picco è durato circa sei ore, per fortuna senza conseguenze sulla funzionalità delle tecnologie a rischio. L'evento, oltre a fornire l'occasione di osservare un fenomeno particolare come le aurore senza doverle rincorrere nell'estremo nord, ha rappresentato un'opportunità per numerose missioni dell'Agenzia spaziale europea (Esa) – sia in orbita terrestre che nello spazio profondo – di raccogliere dati sulle radiazioni. Vediamo com'è andata.

All'inizio di quest'anno il Sole ha raggiunto il punto di "massimo" nel suo ciclo undecennale di attività, e si trova quindi in una fase turbolenta in cui l'avvento di una tempesta solare non dovrebbe generare stupore. L'ultima è cominciata l'11 novembre 2025, quando il Sole ha generato un'intensa eruzione solare di classe X che ha raggiunto il picco attorno alle 10.04 UTC, seguita meno di un'ora dopo da una Cme con una velocità iniziale stimata intorno a 1'500 km/s. Il giorno successivo, alle 18.50 UTC, la Cme ha raggiunto la Terra, innescando una forte tempesta geomagnetica durata circa sei ore prima di calare a livelli moderati. Gli scienziati hanno individuato una regione attiva sulla superficie del Sole (la NOAA Active Region 14274) che sarebbe responsabile dell'evento, e che in pochi giorni ha prodotto quattro brillamenti solari e altrettante Cme, tre delle quali dirette verso la Terra. La sequenza si è conclusa il 14 novembre, quando la regione attiva ha rilasciato un'ultima Cme prima di ruotare, assieme alla superficie del Sole, sul lato opposto rispetto alla Terra. Finalmente fuori dalla nostra visuale.

Conseguenze gravi per la tecnologia non ce ne sono state, dicevamo, e men che meno per gli esseri viventi. Ma qualcosa è comunque successo. Innanzitutto, un forte disturbo nelle comunicazioni radio nelle regioni del nostro pianeta esposte al Sole. Dopo il brillamento solare, è stato registrato un blackout radio in Europa, Africa e Asia, durato da 30 minuti a un'ora. È stato anche osservato un fenomeno chiamato Ground Level Enhancement (GLE), piuttosto raro, che si verifica una o due volte all'anno: particelle solari ad altissima energia sono riuscite a penetrare lo scudo magnetico terrestre, che normalmente è in grado di schermare tali eruzioni. Queste particelle ad alta energia possono essere pericolose per gli astronauti, possono danneggiare veicoli spaziali e dare origine, nell'atmosfera, a una cascata di particelle secondarie che, se raggiungono il suolo, potrebbero causare errori nei componenti elettronici. Non è la prima volta che accade una cosa simile, anzi, è la 77esima dagli anni '40.

Ma qual è davvero il rischio corso e, soprattutto, qual è il nostro grado di conoscenza del Sole e dei fenomeni connessi alla sua attività? Per rispondere, c'è chi della tempesta solare ha approfittato per raccogliere dati utili: i veicoli spaziali dell'Esa, ad esempio, progettati proprio per resistere alle radiazioni della nostra stella. Come le due missioni solari dell'Esa e della Nasa Soho e Solar Orbiter, entrambe fuori dalla protezione magnetica terrestre, la prima in orbita attorno al Sole dal punto L1 e la seconda attualmente a circa 132 milioni di chilometri dalla nostra stella. Soho ha raccolto i primi dati e le prime immagini della Cme,

mentre Solar Orbiter ha registrato il brillamento X5 e misurato le particelle che l'hanno investita per studiare la firma magnetica della Cme. Ci sono poi una serie di satelliti in orbita attorno alla Terra: gli star tracker della costellazione Swarm dell'Esa hanno rilevato fluttuazioni magnetiche dieci volte superiori al normale, accompagnate da un temporaneo aumento di protoni ad alta energia ai poli terrestri. Questo fenomeno ha generato delle "aurore di protoni" che, proprio a causa della loro intensità, sono risultate osservabili a latitudini più basse, anche in Italia. La missione Smos (Soil Moisture and Ocean Salinity), che orbita a 755 km, invece, ha misurato gli effetti nella parte alta dell'atmosfera terrestre: 14 ore prima dell'inizio della tempesta geomagnetica ha registrato un grande burst radio legato all'arrivo del brillamento solare.

Dai dati raccolti da queste sonde dedicate allo studio del Sole ci sarà sicuramente da imparare molto, ma rimane prioritario, secondo l'Agenzia spaziale europea, potenziare anche le capacità di previsione di questi fenomeni. Sebbene sia possibile stimare la probabilità di un'esplosione solare, prevedere con precisione il momento di arrivo di una Cme e la sua magnitudine rimane molto difficile. Per questo, l'Esa ha in cantiere diversi progetti. La missione Vigil, il cui lancio è previsto nel 2031, osserverà il Sole "di lato" dal punto di Lagrange L5, offrendo una visione continua dell'attività solare e un monitoraggio costante delle condizioni di space weather lungo la direttrice Sole-Terra. Questo permetterà una maggiore tempestività nell'identificazione di eventi pericolosi e darà tempo prezioso per proteggere satelliti e infrastrutture a terra. Attualmente, il monitoraggio operativo del vento solare in arrivo è svolto dal punto di Lagrange L1, ma nel caso di questa tempesta ha consentito un margine sull'impatto di appena 20 minuti. C'è infine Henon, il cui lancio è in calendario alla fine del prossimo anno, una missione di classe cubesat il cui obiettivo è proprio di migliorare le previsioni sui fenomeni legati allo space weather e potenziare il sistema di allerta a Terra.

(Testo riprodotto su licenza Creative Commons: CC BY-NC-SA 4.0)

Theia veniva dal nostro Sistema solare

di Marco Malaspina (INAF)

Se la Terra fosse una paziente e l'analista le chiedesse qual è il trauma che più le ha segnato l'esistenza, probabilmente risponderebbe l'incontro con Theia. Sempre che non l'abbia rimosso: troppo devastante, troppo lontano nel tempo. E allora toccherebbe, per far riaffiorare il ricordo, un lungo e paziente lavoro d'elaborazione, coinvolgendo magari anche la Luna, che di quell'incontro è figlia, e le meteoriti, testimoni preziose di epoche remote.

Lo studio pubblicato la scorsa settimana su Science da un team guidato dall'Università di Chicago (Usa) e dal Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung (Germania) ha seguito una strada non troppo dissimile: una lunga e paziente indagine per fare emergere l'identikit – e soprattutto la regione di provenienza – di Theia, il corpo planetario grande più o meno come Marte che circa quattro miliardi e mezzo d'anni fa entrò in collisione con la proto-Terra, stravolgendone la composizione e dando, appunto, origine alla Luna. Indagine condotta principalmente attraverso l'analisi isotopica di 15 rocce terrestri e di sei campioni lunari riportati sulla Terra dagli astronauti delle missioni Apollo. Confrontando

nei vari campioni le abbondanze degli isotopi del ferro, del cromo, del molibdeno e dello zirconio i ricercatori, guidati da Timo Hopp dell'Università di Chicago, hanno potuto confermare un risultato già noto: la Terra e la Luna, dal punto di vista della composizione isotopica, in particolare del ferro, sono praticamente indistinguibili.

Ma cosa ci dice, questo, riguardo a Theia? Anzitutto occorre ricordare che secondo la maggior parte dei modelli, quando Theia si è scontrata con la Terra primordiale, circa cento milioni di anni dopo la formazione del Sistema solare, il corpo espulso dall'impatto – quello che diede poi origine alla Luna – era composto principalmente da materia derivata dalla stessa Theia, più che dalla proto-Terra. Dunque se Theia avesse avuto una composizione isotopica diversa da quella della Terra, ci si aspetterebbe di riscontrare le stesse differenze nelle rocce lunari. Invece, come abbiamo visto, queste differenze non ci sono. Ciò significa che, verosimilmente, anche Theia e la proto-Terra avevano una composizione isotopica omogenea.

Un aspetto significativo delle abbondanze isotopiche è che puntano il dito verso la probabile zona d'origine d'un corpo del Sistema solare, indicando se gli ingredienti di cui è fatto si trovavano un tempo nella regione più interna o più esterna. I dati ottenuti da Hopp e colleghi portano dunque a supporre che Theia provenisse anch'essa dal Sistema solare interno. Uno scenario, questo, corroborato dall'analisi isotopica delle meteoriti: le più affini a Terra e Luna sono quelle non carbonacee, che si ritiene rappresentino residui di materiale formatosi nel Sistema solare interno. Integrando questi risultati con i precedenti dati isotopici relativi ad altri elementi, come il rutenio, e tenendo conto anche delle masse ipotizzate per Theia e la proto-Terra, gli autori dello studio arrivano a concludere che lo scenario più probabile sia quello secondo il quale Theia abbia avuto origine in una regione ancora più vicina al Sole rispetto a quella dalla quale si era formata la proto-Terra.

(Testo riprodotto su licenza Creative Commons: CC BY-NC-SA 4.0)

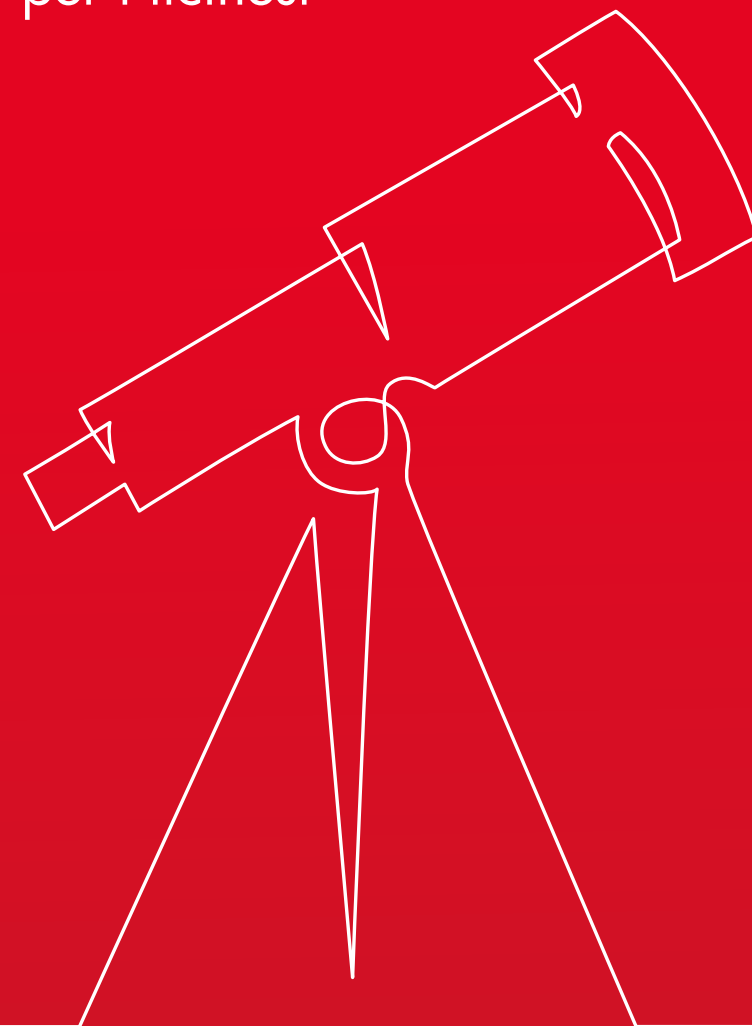


L'eccezionale scontro

Illustrazione del grande scontro tra Terra e Theia.

Pacchetti BancaStato

I nostri pacchetti per i ticinesi



Pacchetto
GIOVANE

CHF 0

AL MESE

Pacchetto
INDIVIDUALE

CHF 12

AL MESE

Pacchetto
FAMIGLIA

CHF 20

AL MESE

Quanto sono calde le macchie solari?

Come riuscire a ottenere valori di temperatura e concentrazione di molecole MgH partendo dai loro spettri di assorbimento

di Aline Bianda

Un po' più fredde del resto

La principale macchia solare attiva nella regione AR12585 osservata dal Swedish 1-m Solar Telescope (SST) a La Palma (Spagna). (Luc.roupe - CC BY-SA 4.0)

Con il mio Lavoro di maturità ho voluto intrecciare l'interesse che ho verso la chimica col fascino per l'astronomia, che grazie a mio padre Michele Bianda (precedente direttore dell'IRSOL), mi accompagna fin da piccola. Da qui è emersa la possibile combinazione di due soggetti quasi opposti per dimensione: il Sole e le molecole.

L'obiettivo del lavoro è stato quello di determinare in maniera accurata la temperatura di specifiche macchie solari utilizzando la temperatura e la concentrazione di molecole di monidrato di magnesio (MgH) misurate in esse analizzando gli spettri molecolari di assorbimento.

All'interno delle macchie solari vi è una concentrazione più marcata di molecole in quanto la temperatura in esse è inferiore rispetto al resto del disco solare.

Le molecole possono formarsi specialmente in zone con temperature al di sotto di 6'000K, a valori superiori invece l'energia cinetica degli atomi è generalmente troppo elevata per farli associare. Si parla comunque di molecole radicali: con strutture molto semplici, normalmente biatomiche, che possiedono almeno un elettrone di valenza spaiato. Alle condizioni standard sulla Terra, i radicali sono instabili e per questo molto reattivi, mentre sul Sole (e altre stelle) sono praticamente gli unici composti a potersi formare; molecole più complesse sarebbero soggette a molti più urti con altre particelle e si dissocerebbero all'istante. La loro vita media è generalmente molto breve, ma sufficiente per assorbire ed emettere fotoni dando conseguentemente segnali negli spettri.

L'osservazione negli spettri stellari dei segnali riconducibili a sistemi molecolari dà rilevanti informazioni sulla temperatura, pressione, intensità dei campi magnetici presenti in particolari regioni e permette inoltre di determinare la presenza di elementi e l'abbondanza di isotopi. In quest'ultimo caso va considerato che gli isotopi differiscono unicamente per la massa (numero di neutroni) e le righe degli spettri atomici non sono in grado di evidenziarne chiaramente la differenza. Tuttavia in una molecola la differenza di massa altera sufficientemente i suoi moti rotazionali e vibrazionali originando così

righe leggermente separate che danno indicazioni sulla presenza e percentuale degli isotopi. La presenza degli elementi chimici su stelle è solitamente indicata dal loro spettro atomico, ma in alcuni casi quest'ultimo non fornisce righe adatte a rilevarli: per esempio sul Sole gli elementi fluoro e boro sono individuabili unicamente grazie alle molecole MgF, SrF e BH.

Come già menzionato, c'è una differenza tra gli spettri atomici e quelli molecolari. Quest'ultimi, rispetto ai primi, presentano molte più righe in determinati intervalli. Ciò suggerisce che le molecole abbiano più livelli energetici a disposizione (un esempio di questa differenza è riportato in figura 1).

La differenza principale con un atomo consiste nel fatto che, mentre in esso esiste una simmetria sferica del campo elettrico e quindi non presenta assi preferenziali, nelle molecole tale simmetria viene persa e gli assi che congiungono i nuclei di legame diventano quelli di riferimento. L'energia in un atomo è esclusivamente di natura elettronica (elettromagnetica tenendo conto dello spin). In una molecola invece va anche tenuto presente che i nuclei sono soggetti a moti vibrazionali e rotazionali attorno al suo baricentro. Si può quindi considerare l'energia complessiva di una molecola (E_{tot}) come somma di energia elettronica (E_e), vibrazionale (E_v) e rotazionale (E_r).

Per ragioni di meccanica quantistica, tali energie sono quantizzate e i fotoni emessi o assorbiti da una molecola sono il risultato delle

transizioni permesse tra questi stati energetici. Ogni atomo o molecola ha la possibilità di assorbire un fotone a condizione che quest'ultimo abbia un'energia pari alla differenza fra due livelli elettronici dell'atomo/molecola in questione e che tale transizione sia permessa. Nel processo di assorbimento di un fotone, un elettrone che si trova a un livello energetico più basso salta a un livello energetico superiore e la particella considerata viene detta "in stato di eccitazione". Una volta eccitata, questa tenderà spontaneamente a ritornare in una situazione di maggior stabilità emettendo uno o più fotoni con frequenze corrispondenti all'energia ceduta dall'elettrone nella sua discesa verso livelli inferiori. Da notare che i fotoni rilasciati avranno una direzione casuale rispetto a quello incidente.

Per interpretare correttamente questi fotoni (che siano emessi o assorbiti), occorre saper calcolare i vari livelli energetici. Nel caso delle molecole si possono utilizzare delle approssimazioni considerando il fatto che le energie in gioco sono sufficientemente differenti tra loro: siccome gli elettroni si muovono più velocemente dei nuclei, e la vibrazione di questi ultimi è a sua volta più rapida della rotazione della molecola, i contributi di questi tre fattori possono essere disposti secondo il seguente ordine decrescente di intensità: $E_e \gg E_v \gg E_r$.

Sia per una questione di semplicità sia di pertinenza col mio lavoro, ho preso come riferimento solo molecole biatomiche. Un'altra appros-



Figura 1
Differenza tra lo spettro di emissione di H₂ (a) e H (b).

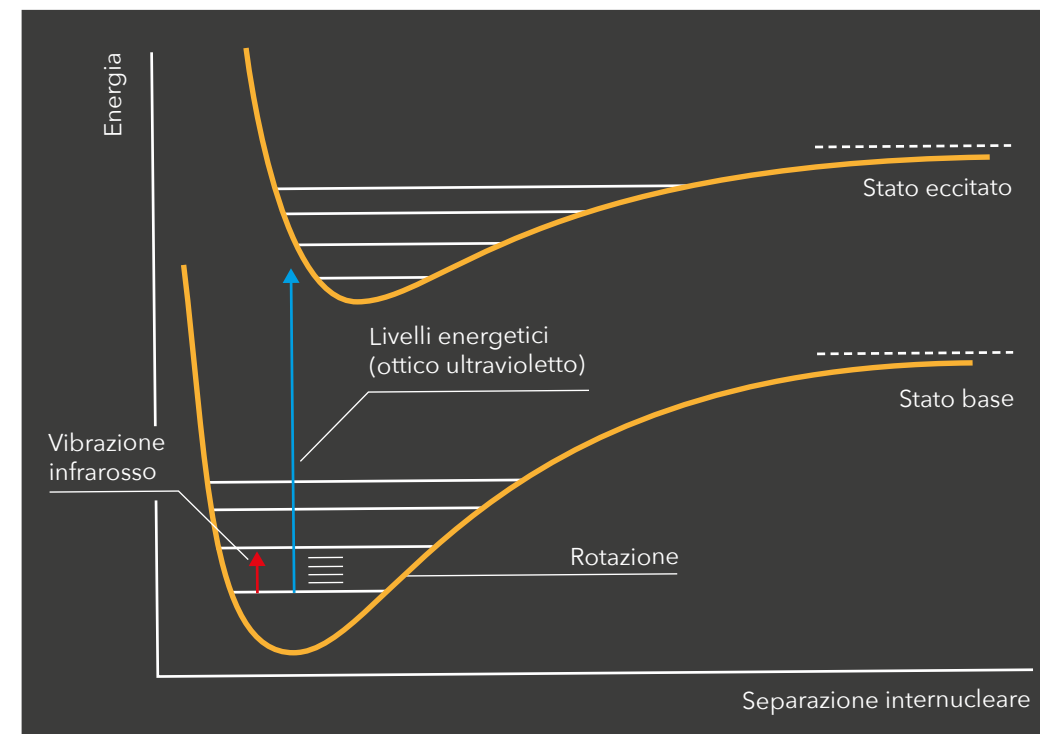


Figura 2

Grafico rappresentante due stati energetici molecolari tenendo conto delle tre differenze energetiche. (Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Schematic-representation-of-two-electronic-states-ground-and-excited-and-their_fig2_338665929)

simazione è quella di considerare gli orbitali molecolari come costruiti combinando linearmente quelli atomici dei due atomi rispettivi, evitando così di dover ricorrere alla risoluzione da zero di un'equazione di Schrödinger. Tale metodo consente di ricavare orbitali molecolari e di costruire il diagramma energetico della molecola (si veda figura 2, ritraente due stati energetici elettronici quali "ground state" ed eccitato).

La vibrazione dei nuclei può essere visualizzata come se essi fossero collegati da una molla, ma anziché poter vibrare in maniera arbitraria le frequenze possibili hanno valori quantizzati. Essendo le energie vibrazionali molto inferiori all'energia elettronica, è possibile aggiungerle ai vari stati energetici elettronici (vedasi i differenti livelli energetici vibrazionali aggiunti nei due stati elettronici in figura 2).

Seguendo lo stesso ragionamento, anche il movimento rotatorio può assumere solo determinati valori, generando livelli energetici rotazionali quantizzati, e siccome l'energia rotazionale è a sua volta considerevolmente minore di quella vibrazionale, dei livelli energetici rotazionali vengono aggiunti a ogni livello energetico vibrazionale (in figura vengono evidenziati unicamente nello stato energetico più basso, ma ciò avviene per ogni singolo livello vibrazionale).

È la presenza di questi numerosissimi livelli energetici e le possibili transizioni tra essi a essere all'origine delle molte righe spettrali che una molecola può avere.

Le righe di assorbimento nello spettro solare sono dovute al fatto che i fotoni, attraversando la fotosfera, vengono assorbiti da atomi o, come nel nostro caso, da molecole.

Osservando il profilo di una riga, è possibile ricavare la possibilità che un fenomeno di assorbimento avvenga. Questa possibilità può anche essere calcolata da considerazioni teoriche. Dal confronto di queste ultime con i dati sperimentali raccolti si possono ricavare importanti informazioni, come verrà riportato in seguito. Per ottenere tali spettri ho utilizzato, sotto supervisione e aiuto di mio padre, la strumentazione dell'IRSOL (principalmente telescopio e spettrografo).

La scelta di basarmi sul monoidruo di magnesio è emersa da consultazione con Svetlana Berdyugina (direttrice dell'IRSOL e professoressa all'USI), considerando che lo spettro di tale molecola è abbastanza facile da notare e isolare.

Riferendomi a un atlante solare (nel quale è riportato lo spettro solare misurato al centro del disco solare in zona non attiva e in macchie di media e grande dimensione), sono stati scelti opportuni intervalli di lunghezza d'onda (512,4

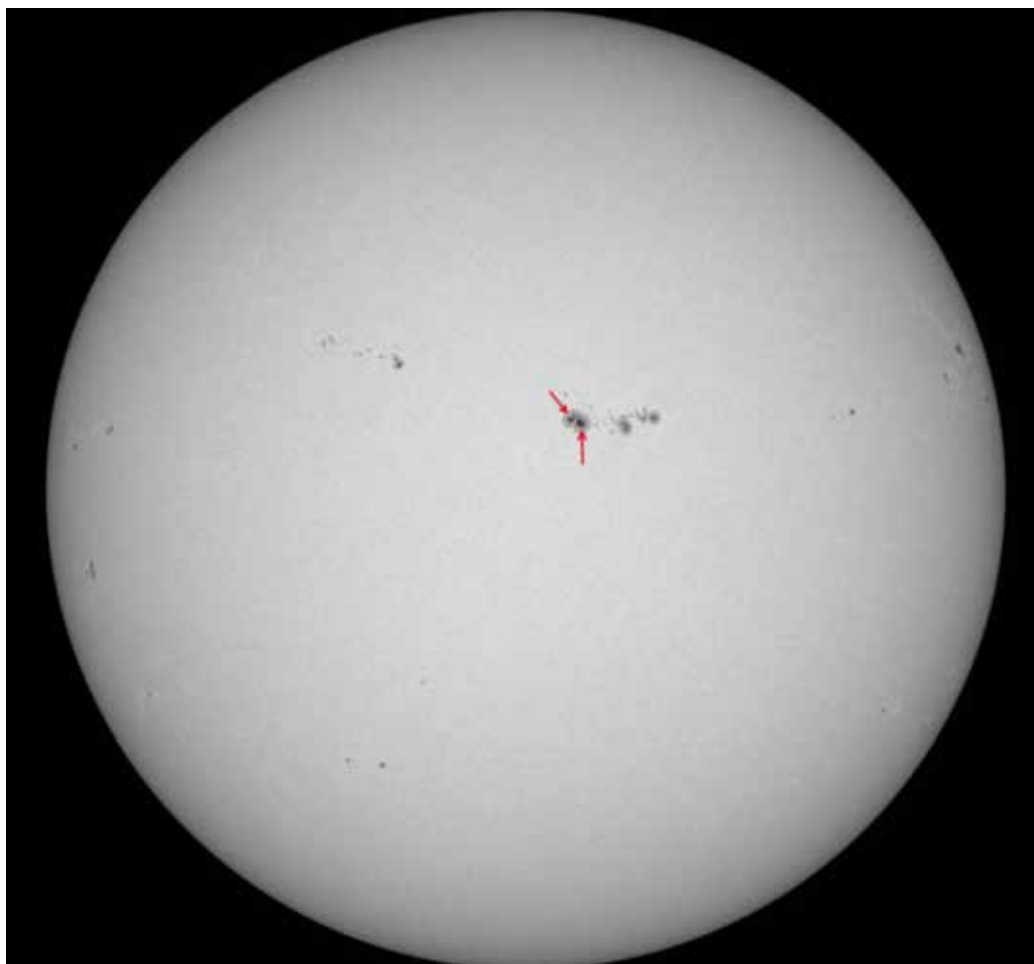


Figura 3
Immagine del Sole presa dal satellite SDO in data 10.09.2023. Le due macchie indicate dalle frecce sono state quelle osservate per le misure. Ho definito W quella a destra ed E quella a sinistra (punti cardinali riferiti al Sole).
(Fonte: <https://sdo.gsfc.nasa.gov/data/>)

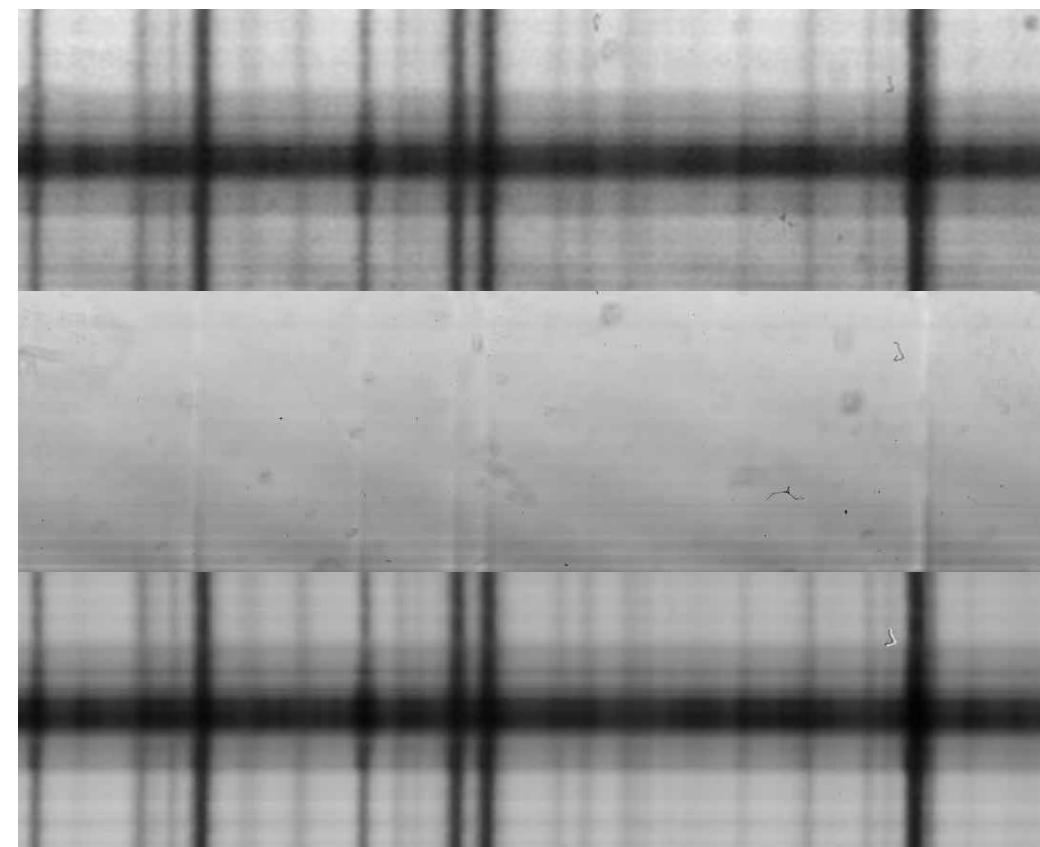


Figura 4
In alto, l'immagine spettrale "sporca", poi un'immagine flatfield. In basso l'immagine di spettro corretta: le linee verticali sono le righe di assorbimento. La banda orizzontale scura corrisponde allo spettro nella macchia solare: è così distinguibile la regione all'interno e all'esterno della macchia.

nm – 515,2 nm e 518,9 nm – 519,5 nm) dove vi erano dei segnali di assorbimento attribuibili con sicurezza alla molecola ricercata.

Ho effettuato le misurazioni il 10 settembre 2023 in due macchie (visibili in figura 3), registrando immagini spettrali per entrambe.

Siccome la camera adibita alla ripresa degli spettri opera in un intervallo ristretto (ca. 0,7 nm), ho dovuto fare più misure su intervalli adiacenti per ottenere il range desiderato: 4 misurazioni per coprire l'intervallo 512,4 nm – 515,2 nm mentre l'intervallo 518,9 nm – 519,5 nm è coperto da una sola misura. Prima di iniziare, è stato necessario prendere un'immagine "di dark" con lo stesso tempo di esposizione

delle altre, ma senza far entrare alcuna luce nello spettrografo. In questo modo si ha un campione del "rumore di fondo", cioè con valori unicamente introdotti dalla camera che verranno in seguito sottratti a tutte le successive immagini così da ottenere solamente i dati riconducibili al Sole.

Inoltre, per ogni regione spettrale (intervallo di 0,7 nm) ho eseguito anche un'immagine di "flatfield" sovrapponendo 20 rilevazioni registrate muovendo il telescopio nella zona centrale e non attiva del Sole, ottenendo un'immagine tendenzialmente omogenea utilizzata per compensare eventuali difetti legati alla strumentazione (polvere, ecc.).

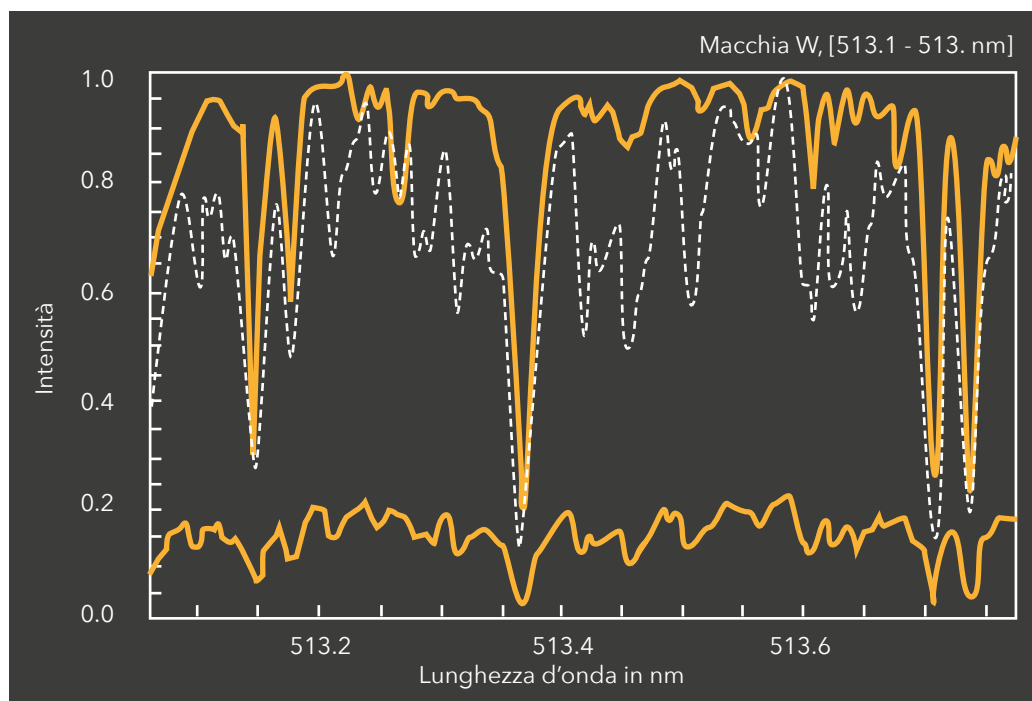


Figura 5
Profili di intensità ricavati dall'immagine spettrale riportata in figura 4.

A fine giornata avevo un totale di 10 misurazioni di entrambe le macchie, 5 flatfields e un'immagine dark.

Le misure effettuate sono state salvate in forma digitale. Per la loro lettura ed elaborazione vengono usati codici scritti in linguaggio IDL e sono corrette utilizzando il dark e i flatfields (l'esempio di una delle immagini spettrali prima e dopo la correzione è mostrato in figura 4). Da ogni singola immagine spettrale corretta vengono prodotti due profili di intensità riportati in un grafico (figura 5): uno relativo all'interno della macchia osservata e l'altro all'esterno in prossimità della macchia.

Sull'immagine riportata come esempio (figura 5) è possibile notare due profili rappresentati con una linea continua, uno più in alto che corrisponde al profilo misurato nella zona non attiva (normalizzato) e uno situato più in basso concernente quello misurato al centro della macchia solare con la stessa scala del primo. La linea tratteggiata corrisponde al secondo pro-

filo normalizzato in modo da permettere un confronto tra i segnali (si noti la maggiore profondità delle righe molecolari).

Per identificare le righe di assorbimento ricavate ho confrontato i miei profili spettrali con quelli dell'atlante. Dopo aver riconosciuto i segnali generati dalle molecole MgH, la prof.ssa Berdyugina mi ha aiutata a individuare quelli sui quali mi sarei basata (di più facile interpretazione e meno soggetti alla sovrapposizione con segnali di altri atomi o molecole).

La successiva elaborazione dei dati richiedeva passaggi molto più complicati che ho effettuato sempre sotto il suo indispensabile aiuto e supervisione (anche perché richiedevano l'utilizzo di specifici programmi informatici da lei sviluppati per progetti precedenti).

Sintetizzato, il procedimento ha previsto il confronto del valore della possibilità di assorbimento di una specifica riga ricavato dai dati osservativi (in particolare il profilo di assorbimento di una particolare riga molecolare) con



Aline Bianda

L'autrice del lavoro che ha vinto il Premio Fioravanzo 2025.

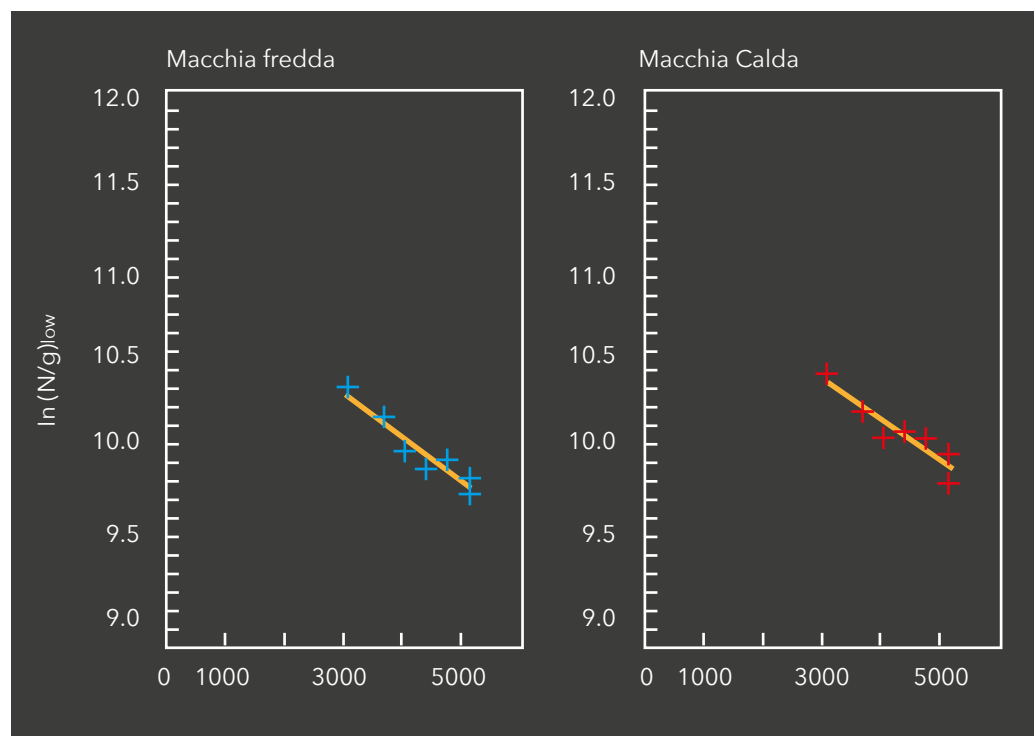


Figura 6

Nel grafico sono riportati i dati relativi a 7 righe spettrali MgH (crocette blu e magenta). A sinistra la macchia E, a destra la macchia W.

il valore ottenuto da considerazioni teoriche (nelle quali si considerano la distribuzione di Boltzmann e fattori quali la forza di oscillazione della molecola, calcolata utilizzando i numeri quantici molecolari).

Dopo qualche sostituzione, “semplificazione” e isolazione di termini, si è ricavata un’equazione lineare (paragonabile a una retta $y=q+mx$), dove le uniche incognite sono il numero di moli e la temperatura. Queste dipendono da grandezze ricavabili dalle osservazioni (la profondità delle righe di assorbimento, la loro larghezza, la loro precisa posizione sullo spettro e il tipo di transizione).

Inserendo nell’equazione i nostri valori sperimentali noti (profondità delle righe di assorbimento, la loro larghezza, la loro precisa posizione sullo spettro e il tipo di transizione) si sono ottenuti dei punti da inserire in un grafico (figura 6). Sapendo che tali punti devono

appartenere a una funzione lineare, si è potuto interpolare una retta nella quale il valore della temperatura viene ricavato calcolando la pendenza della retta, mentre per il numero di molecole si eguaglia x a 0, ottenendo l’intercetta.

I risultati sono stati i seguenti (figura 6 e figura 7):

Macchia W (più grande)

Concentrazione del gas molecolare MgH:
 $1,97 \cdot 10^8 \frac{\text{molecole}}{\text{cm}^2}$ (errore di $\pm 4,58 \cdot 10^6$)

Temperatura:
 4'024 K (errore di ± 87 K)

Macchia E (più piccola)

Concentrazione del gas molecolare MgH:
 $2,48 \cdot 10^8 \frac{\text{molecole}}{\text{cm}^2}$ (errore di $\pm 5,77 \cdot 10^6$)

Temperatura:
 4'546 K (errore di $\pm 111,2$ K)

```
IDL> .run plot_obs
% Compiled module: PARTF.
% Compiled module: $MAIN$.
% READFMT: 26 valid lines read
--- Cool Spot ---
Nmol_spot= 1.96509e+08 +/- 4.57835e+06 [1/cm^2]
T_spot = 4023.99 +/- 86.8540 [K]
--- Warm Spot ---
Nmol_spot= 2.47779e+08 +/- 5.77286e+06 [1/cm^2]
T_spot = 4545.98 +/- 111.160 [K]
```

Figura 7

Risultati dal codice di calcolo.

È importante notare che il numero di molecole è quello presente in un volume costituito da un’area sulla superficie solare pari a 1cm^2 e dalla profondità della fotosfera.

Osservando le due macchie scelte, avevo supposto che la temperatura della macchia W fosse minore perché più estesa e scura e che quindi avesse una maggior concentrazione di molecole MgH rispetto all’altra. A risultati ottenuti, sono rimasta stupita dal fatto che nella macchia solare più calda ci fosse una densità maggiore di molecole, poiché avevo preso quasi per scontato che le molecole (sul Sole) prediligessero temperature più basse, senza particolari eccezioni. Sono stata ulteriormente scoraggiata perché i risultati mostravano che, nonostante le molecole fossero presenti in una maggiore quantità, queste assorbivano di meno, contraddicendo ancora una volta le mie previsioni. Questa apparente incongruenza mi è stata chiarita dalla prof.ssa Berdyugina, che mi ha spiegato che la concentrazione molecolare in una zona solare dipende anche dall’energia di attivazione per formare le molecole e dalla loro energia di dissociazione. Nel caso di MgH, le condizioni più favorevoli sono a temperature non troppo basse, perché servono temperatura e pressione sufficienti per farlo formare (per collisione) e ha comunque

un’energia di dissociazione abbastanza alta da permettergli di non degradarsi immediatamente in tale ambiente. Per spiegare invece la questione dell’assorbimento, le righe spettrali che ho analizzato sono tipiche solo delle molecole nello stato fondamentale (più stabile). La loro maggiore intensità è da attribuirsi al fatto che a una temperatura minore vi sarà un maggior numero di molecole in questa situazione non eccitata. Invece, l’analisi dei risultati relativi alla concentrazione delle molecole in tutti i possibili stati dimostra che quest’ultima è maggiore nelle macchie solari più calde. Tuttavia, queste assorbono meno relativamente alle transizioni dallo stato fondamentale perché la probabilità che si trovino in questo stato è inferiore a quella della macchia solare più fredda.

Una volta chiariti i miei dubbi e compresa la ragione di queste apparenti contraddizioni, posso affermare che i risultati conseguiti sono stati in linea con l’obiettivo del mio lavoro: determinare le temperature nelle macchie solari e verificare che queste siano significativamente inferiori a quella dell’ambiente circostante. Infatti, la temperatura complessiva della fotosfera si aggira attorno ai 6'050 K mentre quella trovata nelle macchie è rispettivamente di 4'024 K e di 4'546 K, dando quindi una notevole e attesa differenza.

C'è più di quello che si vede?

Secondo le osservazioni, l'universo è formato dal 5% di materia ordinaria

e da ben il 25% di materia oscura.

Ma di cosa si tratta?

A colloquio con il Professor Marco Lombardi

Il cluster della Vergine

Quasi ogni puntino visibile in questa immagine è una galassia, non una stella. (RubinObs/NOIRLab/SLAC/NSF/DOE/AURA - CC BY 4.0)

Solo una piccola parte del totale. Grazie a un astronomo svizzero, da quasi un secolo sappiamo che esiste molta più massa di quella osservabile. Tuttavia ancora oggi nessuno sa da che cosa sia composta. Il 21 novembre presso l'Auditorio Campus Ovest a Lugano, Marco Lombardi, astrofisico e professore all'Università Statale di Milano, ha tenuto una conferenza organizzata dall'IRSOL su questo argomento al confine della ricerca in fisica fondamentale, dove si incontrano l'astrofisica e la fisica delle particelle. Lombardi ha risposto a qualche nostra domanda preliminare, per non farci arrivare alla conferenza del tutto impreparati.

Quali sono stati e sono tuttora i principali indizi del fatto che la materia che compone l'universo non può essere soltanto quella che possiamo osservare direttamente?

"Le osservazioni di Zwicky vennero in gran parte ignorate dagli astronomi contemporanei fino agli anni '70, quando lo studio delle curve di rotazione delle galassie a spirale mostrò un problema molto simile: le stelle che compongono i bracci delle galassie a spirale ruotano intorno al centro delle galassie con una velocità superiore alla velocità di fuga, sempre assumendo che la massa delle galassie sia costituita solo da stelle.

Oggi sappiamo che gli ammassi di galassie contengono, oltre alle stelle, plasma (cioè gas molto caldo e completamente ionizzato) che emette raggi X (osservati in maniera definitiva all'inizio degli anni '70 dal satellite Uhuru), e che questo rappresenta una frazione considerevole della materia "standard" presente negli ammassi. Tuttavia, anche considerando la presenza del plasma, le velocità delle galassie membri di ammassi sono sempre ordini di grandezza più alte di quanto previsto. Analogamente, il gas e la polvere presenti nelle galassie a spirale non sono minimamente in grado di giustificare i moti di rotazione delle stelle nelle regioni più esterne dei bracci.

Per queste ragioni, dagli anni '70 in poi gli astronomi hanno invocato la presenza di una forma di materia distinta dalla materia ordinaria, chiamata già da Zwicky "materia oscura". Oggi, accanto alle osservazioni classiche cita-

te, abbiamo molte altre misure che indicano la presenza di materia oscura nelle galassie e negli ammassi di galassie, con gli indizi più forti dalle osservazioni di lenti gravitazionali e dalle misure di anisotropia del fondo cosmico nelle microonde."

Quali sono in questo momento le ipotesi candidate a essere la migliore spiegazione delle osservazioni?

"Per molti anni gli astronomi e i fisici delle particelle si sono chiesti quale potesse essere la natura della materia oscura. I dati astrofisici forniscono informazioni essenziali sulle caratteristiche basilari di questa forma di materia. Ovviamente deve avere massa ed esercitare gravità. Non deve interagire con la radiazione elettromagnetica. Deve essere "fredda", termine con il quale si indica il fatto che le velocità tipiche delle particelle di materia oscura devono essere basse anche nell'universo primordiale (fatto cruciale per la formazione delle galassie). Deve interagire al più attraverso interazione debole con la materia ordinaria. L'ultimo punto essenzialmente deve garantire che la Terra, nel suo moto intorno al Sole e intorno al centro della Via Lattea, deve poter attraversare indisturbata la materia oscura presente senza che vi sia alcun ovvio effetto apparente.

Per molti anni il candidato principale per la materia oscura sono state le WIMPs, acronimo che indica Weakly Interactive Massive Particles (particelle massicce debolmente interagenti). Si dovrebbe trattare di particelle elementari della massa tra 10 e 1'000 volte la massa di un protone (quindi da 10 a 1'000 GeV), che interagiscono solo tramite interazione debole. Il motivo per privilegiare questo candidato è legato al fatto che, se esistessero delle particelle del genere, allora "automaticamente" si creerebbe un "mare" di tali particelle negli istanti successivi al Big Bang. Quindi, come per i fotoni della radiazione cosmica di fondo, saremmo in grado di prevedere l'abbondanza odierna di WIMPs. Il "miracolo" è che, assumendo una massa dell'ordine di 100 GeV e interazione debole, oggi ci sarebbe giusto la quantità necessaria di materia oscura per giustificare le osservazioni.

Il problema è che a oggi non c'è alcuna eviden-



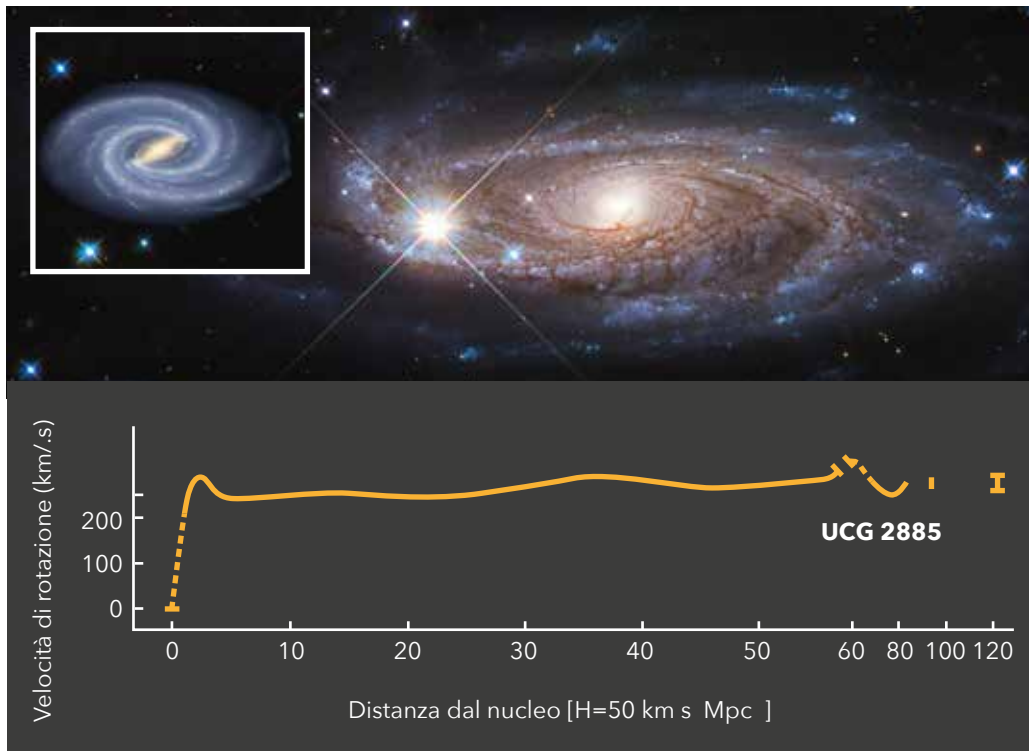
Marco Lombardi

Astrofisico e professore all'Università Statale di Milano è stato ospite di IRSOL e SAT.

za sperimentale dell'esistenza delle WIMPs. Acceleratori come il Large Hadron Collider al CERN di Ginevra avrebbero già dovuto osservare tracce di WIMPs. Analogamente, in ambito astrofisico, ci si aspetta che le WIMPs possano produrre raggi gamma per auto-annichilazione (le WIMPs dovrebbero essere le antiparticelle di sé stesse), ma i pochi segnali osservati sono facilmente spiegabili come contaminazioni di sorgenti astrofisiche standard. Nel 2016 l'esperimento DAMA, condotto nei laboratori INFN del Gran Sasso e mirato a rilevare una interazione diretta delle WIMPs durante il moto della Terra, ha mostrato un segnale modulato con cadenza annuale: un fatto che ha suscitato un notevole interesse nella comunità scientifica.

Sfortunatamente, al momento la rivelazione di DAMA non è stata surrogata da alcun altro esperimento diretto, cosa che ha suscitato una buona dose di scetticismo nella comunità scientifica.

In conclusione il "miracolo delle WIMPs" non è ancora del tutto esaurito, ma i margini di manovra si riducono sempre più man mano che le misure diventano più sensibili. Per questo motivo molti fisici teorici hanno indagato possibili alternative, con il risultato che attualmente esiste uno "zoo" di candidati di materia oscura con varie caratteristiche. Al momento nessun candidato sembra essere oltre lo stato della speculazione teorica, ma ovviamente la situazione potrebbe cambiare nei prossimi anni."



La galassia Gozilla

La galassia UGC 2885 in Perseo: è una delle più grandi galassie a spirale del cielo (cinque volte più grande della Via Lattea, nel riquadro per confronto). Negli anni Sessanta l'astronoma Vera Rubin ne studiò il moto di rivoluzione e notò che la velocità delle stelle era più o meno costante lungo tutto il disco della galassia, fenomeno non spiegabile con la sola massa visibile. Soto, il grafico della velocità di rotazione delle stelle in UGC 2885 rispetto alla distanza dal centro, così come misurata da Rubin. (NASA, ESA, Benne Holwerda - University of Louisville)



Abell 51063

Classico esempio di lente gravitazionale. L'enorme e luminosa galassia ellittica fa da lente gravitazionale per le galassie più lontane, che appaiono quindi come archi distorti. (ESA/Webb, NASA & CSA, H. Atek, M. Zamani)

È possibile che la materia oscura non esista e che invece le osservazioni possano essere spiegate modificando in modo radicale le teorie della fisica fondamentale?

"All'inizio degli anni '80 l'astrofisico israeliano Mordehai Milgrom propose di modificare la seconda legge di Newton, cioè la legge che mette in relazione la forza totale agente su una massa con l'accelerazione subita dalla massa stessa e normalmente formulata come $F = m \cdot a$. Milgrom notò che la ben nota legge di Newton è stata verificata sperimentalmente solo in regimi in cui le accelerazioni sono relativamente alte, e non nei regimi in cui le accelerazioni sono piccolissime. Piccolissime accelerazioni tuttavia sono proprio quelle presenti nelle stelle dei bracci di galassie a spirale o nelle galassie di ammassi di galassie. Milgrom propose di rimpiazzare in questi regimi la seconda legge di Newton con una legge quadratica nell'accelerazione, in modo che $F = m \cdot a^2 / a_0$, dove a_0 è un parametro della teoria (chiamata "MODified Newtonian Dynamics" o più comunemente "MOND"). La teoria ha subito poi varie modifiche (principalmente per renderla compatibile con la relatività), ma è stata fortemente criticata da molti astrofisici, principalmente per

la sua incapacità di giustificare i dati di ammassi di galassie.

Più di recente sono state proposte alcune teorie che riproducono, almeno da un punto di vista fenomenologico, i risultati di MOND. Tra queste, forse quella che ha suscitato maggiore attenzione mediatica è la teoria della gravità "emergente" o "entropica" di Erik Verlinde. L'idea è che la gravità non esista come forza a sé stante, ma che emerga dall'entropia e dall'informazione quantistica presente nella struttura dello spazio-tempo, in maniera analoga all'emergere della temperatura dai moti casuali di atomi o molecole. La teoria ha riscosso critiche, unite però anche a una buona dose di interesse per le novità proposte. Un aspetto positivo di questa teoria è che fornisce predizioni già (parzialmente) verificabili con i dati attualmente disponibili. I risultati sono contrastanti, con esperimenti che sembrano essere in accordo con la gravità entropica e altri in netto contrasto. Al momento non esiste quindi una opinione univoca della comunità scientifica sulla teoria di Verlinde."

Il professor Lombardi ha tenuto all'USI una conferenza sul tema il 21 novembre 2025. Può essere rivista sul canale YouTube della SAT.

Occultazioni da postazioni mobili

di Stefano Sposetti

Osservazione

La postazione mobile di Mezzovico durante l'occultazione di (738) Alagasta del 5 febbraio 2024. (Stefano Sposetti)

Il gruppo Corpi minori della SAT di cui faccio parte è molto produttivo. Non siamo molti osservatori attivi ma il lavoro che facciamo ci entusiasma e ci dà soddisfazione. Abbiamo il telescopio accanto alla nostra abitazione e osserviamo questi effimeri eventi celesti in base ai nostri desideri e alle nostre priorità. Come si sa, un'occultazione asteroidale si può osservare solo se ci si trova all'interno di una ristretta fascia geografica, proprio come nel caso di una eclissi di Sole. Quando in agenda c'è qualche evento importante o particolarmente promettente, la cui fascia sul terreno investe i nostri domicili, ognuno di noi si attiva per misurare l'evento da casa propria.

Essere mobile

Se capita che il mio osservatorio si trovi all'esterno della fascia prevista, a volte carico il materiale in automobile e mi reco a osservare

in un luogo posto all'interno della zona investita dall'occultazione. Generalmente sono da solo quando vado in una postazione di questo tipo, cioè in una postazione "mobile". Mi piace osservare in tranquillità, anche se in varie occasioni ci sono amici che mi accompagnano. Talvolta ci incontriamo sul luogo dell'osservazione, altre volte facciamo il viaggio assieme. Ne approfitto allora per chiacchierare e, a coloro che non hanno mai visto una occultazione asteroidale, mostro questa particolare e affascinante pratica osservativa. Nel 2011 ero con M. Deluigi al Bigorio per l'occultazione di **(198) Ampella**.

Nel 2013 con A. Manna ci siamo recati a Condove (I) per l'osservazione di **(87) Sylvia**. Lì abbiamo trovato un posteggio accanto alla strada principale. Sempre nel 2013 per **(583) Klotilde** ero a Dozza (I) con mia moglie, col telescopio posto nel posteggio dell'agrituri-

simo in cui alloggiavamo, poi al Ritom con L. Pacciorini per **(407) Arachne** e a Iragna con J. Nannini per **(31) Euphrosyne**.

Nel 2014 con B. Bernardi abbiamo visto assieme la bella occultazione di **(9) Metis** da Semione.

Nel 2016 a San Bernardino con A. Manna eravamo nell'ampio parcheggio appena prima della galleria stradale per osservare **(45) Eugenia**, occasione in cui siamo stati intercettati da due agenti della Polizia Militare.

Nel 2022 ero nuovamente con mia moglie a Faido per **(624) Hektor** e lo stesso anno, con alcune persone, nel parcheggio del Liceo di Mendrisio per **(138) Tolosa**.

Nel 2023 per **(1490) Limpopo** ero attorniato da un gruppetto di studenti, docenti e di altri curiosi al Liceo di Bellinzona. Pure quell'anno e di nuovo con A. Manna eravamo in un grande campo di cereali a Piossasco (I) per **(65803) Didymos/Dimorphos**. Con mia moglie a dicembre siamo volati a Cagliari (I) per **(319) Leona** e abbiamo passato un bellissimo momento sul piazzale del Liceo Euclide, condividendo l'occultazione di Betelgeuse con diversi studenti.

Lo scorso anno mi sono piazzato a Carasso con M. Minoli a osservare **(4280) Simonenko**.

Statistica

Delle 67 osservazioni mobili svolte, 43 hanno avuto un esito positivo (64%). Questo tasso è maggiore di quello usuale (9%) che ho con le occultazioni fatte da casa. Di queste 43 osservazioni positive, la stragrande maggioranza ha coinvolto asteroidi della fascia principale, quindi con un'orbita normalmente ben conosciuta e la cui ombra al suolo è ben consolidata. Ogni tanto però non si assiste alla sparizione della stella. Capita. Fra gli eventi che hanno avuto un esito negativo e che hanno coinvolto oggetti particolari, mi ricordo i casi del troiano di Giove **(7641) Cteatus** e della cometa **P/2021HS PANSTARRS** osservati da Locarno, quello del TNO **(202421) 2005 UQ513** osservato da Giornico in una gelida serata di novembre e l'oggetto **Gaiamoons (19734) 1999 XE175** per il quale mi ero recato appositamente a Oggebbio (I).

Materiale e preparazione

La mia attrezzatura mobile consiste in un telescopio Schmidt-Cassegrain da 20 cm di diametro, una montatura Skywatcher EQ6, un alimentatore da 12 V, una videocamera con la sua elettronica e un vecchio computer. Cerco di non dimenticare una pila frontale e, quando la lascio a casa, impreco con me stesso. Mediamente impiego circa 30 minuti per preparare l'attrezzatura e puntare il campo stellare. Il vestiario è importante, specialmente nella stagione invernale. Bado a coprirmi bene in quanto sento subito freddo aspettando l'evento da un luogo che magari è anche esposto al vento.

I fattori che prendo in considerazione prima di partire in automobile con l'attrezzatura sono diversi. Uno è la meteo nel luogo d'arrivo, un altro la probabilità di riuscita, un terzo l'importanza della misura.

Il giorno antecedente individuo il luogo dell'osservazione su una mappa geografica aiutandomi con *peakfinder.com*, il software che consente di simulare l'orizzonte montano e che permette di prevedere la visibilità della stella target rispetto al profilo dell'orizzonte. Giunto sul posto cerco di mettermi al riparo da eventuali luci parassite. Negli Stati Uniti coloro che vanno in "postazioni mobili" a registrare questi fenomeni si dispongono generalmente in linea retta, lungo i bordi di strade statali, a distanze regolari, allo scopo di incrementare il numero di luoghi osservativi. In Svizzera e in Ticino questa modalità è poco praticabile sia per la conformazione irregolare della rete stradale sia per l'alta densità abitativa.

Comunque, benché sia per me una soddisfazione poter osservare un evento da un luogo diverso dal mio osservatorio, non sempre mi è convenuto mettere l'attrezzatura in automobile.

In alcune occasioni mi è capitato di giungere sul luogo prescelto e trovare cielo coperto nonostante le previsioni meteorologiche fossero favorevoli e in un paio di altre volte ho avuto qualche problema tecnico, ma nella stragrande maggioranza dei casi svolgo l'osservazione senza intoppi.

L'IA e il cosmo

Come l'intelligenza artificiale renderà più sottile il confine tra ciò che possiamo osservare e ciò che possiamo comprendere. Intervista a Maria Grazia Giuffreda, direttrice associata del Centro svizzero di calcolo scientifico di Lugano

di Giona Carcano



Maria Grazia Giuffreda
La direttrice associata del Centro svizzero di calcolo scientifico.
(Alessandro Della Bella, CSCS)

L'intelligenza artificiale sta rivoluzionando il mondo. Ma anche il modo di osservare l'universo. Negli ultimi anni, algoritmi e linguaggi sempre più sofisticati hanno affiancato astronomi e astrofisici nell'analisi di enormi quantità di dati, permettendo di individuare fenomeni celesti altrimenti invisibili e accelerando scoperte che richiederebbero secoli di lavoro umano. Dall'identificazione automatica di esopianeti alla classificazione delle galassie, fino alla previsione del comportamento di sistemi stellari complessi, il connubio tra IA e astronomia sta aprendo scenari di ricerca inediti. Le più recenti innovazioni tecnologiche, inoltre, promettono di trasformare radicalmente la nostra capacità di esplorare il cosmo, rendendo sempre più sottile il confine tra ciò che possiamo osservare e ciò che possiamo comprendere. Per approfondire questo tema abbiamo intervistato Maria Grazia Giuffreda, direttrice associata del Centro svizzero di calcolo scientifico (CSCS) di Lugano. "Premessa: non sono un'astrofisica", dice con un sorriso. Ma – come vedremo –, le sue competenze vanno al di là dei computer e delle macchine, abbracciando (anche sono per la curiosità che muove ogni scienziato) anche lo sterminato campo dell'astronomia. "Il quadro che emerge è quello di una IA già parte integrante dei processi automatici di osservazione spaziale, rendendo le osservazioni più rapide, intelligenti e autonome. In prospettiva, le future missioni combineranno osservatori autonomi, analisi in tempo reale e apprendimento continuo, trasformando radicalmente il modo in cui esploriamo l'universo".

Maria Grazia Giuffreda, in che misura l'IA può aiutare a classificare, verificare e identificare eventi astronomici?

"I grandi telescopi moderni generano flussi continui di dati, con milioni di immagini e spettri prodotti ogni giorno. In questo scenario, l'intelligenza artificiale diventa il "primo lettore" del cielo, analizzando in tempo reale l'enorme quantità di informazioni raccolte. Le reti neurali e i modelli di machine learning classificano automaticamente galassie, stelle variabili, asteroidi, lenti gravitazionali e segna-

li di supernove, mentre specifici algoritmi verificano la qualità dei dati individuando artefatti strumentali come pixel difettosi, scie di satelliti o nubi che possono compromettere le osservazioni. Parallelamente, i sistemi di anomaly detection analizzano i flussi di dati alla ricerca di eventi rari o fenomeni inattesi che potrebbero sfuggire all'occhio umano. L'IA aiuta ad avere una ricerca più efficiente, con meno falsi allarmi, tempi di reazione più rapidi e una maggiore probabilità di scoprire nuovi fenomeni celesti."

Può farci degli esempi di missioni o progetti astronomici che già oggi hanno implementato l'intelligenza artificiale?

"Partirei dal Vera C. Rubin Observatory (LSST): è una struttura di straordinaria potenza, progettata per condurre un'indagine senza precedenti, della durata di un decennio, sull'intero cielo visibile dell'emisfero australe; usa pipeline con ML per riconoscere e classificare fenomeni transitori e variabili. Poi non posso non citare le missioni su Marte, come i rover Perseverance e Curiosity. Gli algoritmi di intelligenza artificiale consentono ai rover di navigare autonomamente nel complesso terreno marziano, rilevare ostacoli e tracciare i percorsi più sicuri senza la necessità di una supervisione umana costante, un aspetto fondamentale a causa dei ritardi nelle comunicazioni con la Terra. L'intelligenza artificiale di bordo è in grado di analizzare immagini e dati dei sensori per dare priorità agli obiettivi di maggiore interesse scientifico (come formazioni rocciose o potenziali tracce di antica vita), aumentando così l'efficienza della missione".

Ma gli esempi non sono certo finiti. Pensiamo al James Webb Space Telescope o a Euclid: applicano metodi per migliorare la nitidezza dell'immagine e metodi di segmentazione basati su deep learning per migliorare l'estrazione di sorgenti deboli e la morfologia delle galassie. Oppure ancora all'Event Horizon Telescope (EHT): ha utilizzato approcci di machine learning per migliorare la ricostruzione delle immagini interferometriche al fine di poi vedere i buchi neri Sag A* (il buco nero al centro della via Lattea) e M87 (il buco nero al centro della galassia Messier 87 nella costellazione della

Vergine). Infine, ci sono progetti al SETI Institute (Search for Extraterrestrial Intelligence), dove l'intelligenza artificiale, in particolare le reti neurali, viene integrata nei sistemi di radiotelescopi, come l'Allen Telescope Array (ATA), per elaborare in tempo reale enormi quantità di dati radio. Questo approccio consente di filtrare le interferenze terrestri e di individuare segnali anomali, deboli o transitori che potrebbero sfuggire ai metodi tradizionali, accelerando in modo significativo la ricerca di fenomeni cosmici."

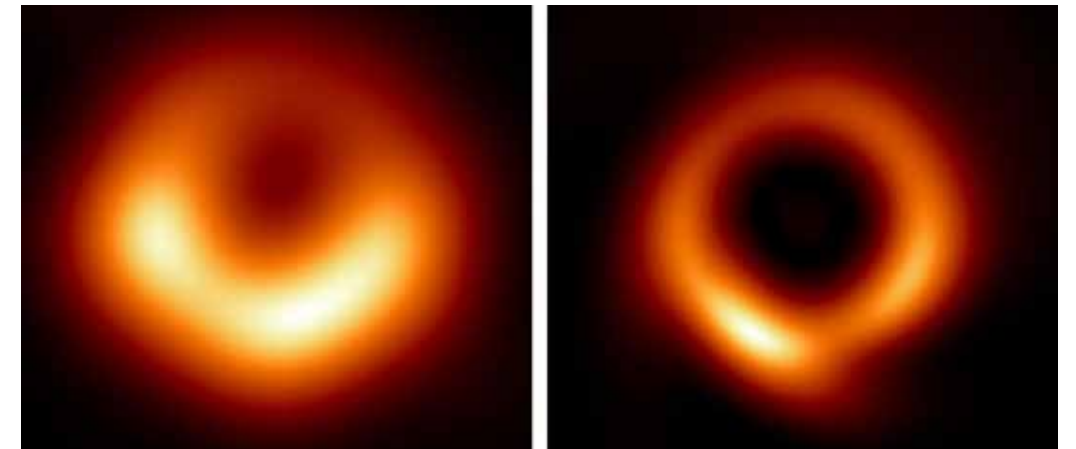
Quale spinta darà l'IA alla scoperta di esopianeti?

"L'intelligenza artificiale sta rivoluzionando la scoperta degli esopianeti, consentendo di elaborare in modo efficiente gli enormi set di dati provenienti da telescopi spaziali come Kepler e TESS. Gli algoritmi di machine learning sono fondamentali per rilevare automaticamente le lievi e periodiche diminuzioni della luminosità stellare (transiti), che indicano la presenza di un pianeta in orbita, spesso scoprendo mondi che i metodi tradizionali non riuscivano a individuare. Oltre al rilevamento, l'intelligenza artificiale è cruciale anche nella fase di verifica dei possibili candidati, classificando i segnali come veri pianeti o falsi positivi, e nella

caratterizzazione degli esopianeti confermati, analizzandone la composizione atmosferica e prevedendone le interazioni orbitali. In pratica, l'IA accelera l'elaborazione dei dati dalla acquisizione iniziale al risultato finale, aumentando la probabilità di scoprire nuovi pianeti, soprattutto quelli simili alla Terra, con segnali deboli e rari."

Come può l'IA migliorare la qualità delle immagini dei telescopi?

"L'intelligenza artificiale sta trasformando profondamente l'elaborazione delle immagini astronomiche, intervenendo in diverse fasi del trattamento dei dati. Le reti neurali vengono utilizzate per un denoising intelligente, cioè per ridurre il rumore senza compromettere i dettagli più fini, come le stelle deboli o le strutture delicate dei bracci di galassie. Tecniche avanzate di deconvoluzione e super-risoluzione permettono di ottenere stime sempre più precise della "firma ottica" di un sistema, ossia il "pennello" ottico del sistema di osservazione, consentendo così di recuperare parte della risoluzione persa a causa della sfocatura o della turbolenza atmosferica. Parallelamente, gli algoritmi sono in grado di rilevare e correggere automaticamente artefatti indesiderati, come scie di satelliti, raggi cosmici o colonne di pixel difettose, miglio-



M87, migliorato

L'immagine del buco nero di M87 elaborata dal EHT nel 2019 e l'immagine generata dal machine learning PRIMO. (Medeiros et al. 2023)

rando notevolmente la qualità complessiva dei dati. Inoltre, l'IA agevola l'ottimizzazione della fotometria e della definizione della forma delle sorgenti celesti. Il risultato è un flusso di elaborazione più accurato e automatizzato, capace di restituire immagini astronomiche più pulite, nitide e scientificamente affidabili."

L'immagine del buco nero di M87 è stata generata anche grazie all'IA: in che modo?

"La famosa immagine del buco nero di M87 (una collaborazione con Event Horizon Telescope) nasce da dati interferometrici raccolti con radiotelescopi sparsi nel mondo, in modo da creare un telescopio grande quanto la Terra. Nel 2019 l'immagine è stata ricostruita con tecniche avanzate "classiche"; successivamente, metodi di machine learning (ad esempio approcci come PRIMO, basati su librerie di simulazioni fisiche) hanno prodotto una versione più nitida dell'"anello" attorno all'orizzonte degli eventi. In pratica, l'IA impara da simulazioni magneto-dinamiche realistiche di come dovrebbe apparire una sorgente del genere, e usa questa conoscenza per guidare la ricostruzione da dati incompleti, rispettando i vincoli fisici. Gli algoritmi non "inventano" un buco nero ma ne ottimizzano la ricostruzione entro ciò che i dati consentono."

L'IA può avere scopi predittivi per eventi rari (penso a supernove o ai lampi gamma, GRB)?

"L'uso dell'Intelligenza artificiale e il machine learning nel contesto di eventi rari in astronomia (come supernove oppure i raggi gamma) è in pieno sviluppo. L'IA è già usata con successo per la classificazione di esplosioni stellari sulla base di dati di luce (curve di luminosità, profili ottici) piuttosto che spettroscopici. Per esempio, un algoritmo ha classificato più di 2'300 supernove con un'accuratezza di ~82% usando solo dati di curva di luce. Per i GRB il ML è usato per stimare parametri quali il redshift ("pseudo-redshift") di una raffica di raggi gamma usando apprendimento supervisionato. In generale, la letteratura recente spazia dalla mera classificazione, all'interpretabilità, alla fiducia nei modelli di IA in astronomia, e della crescente disponibilità di dataset sempre più ampi. Ci sono però anche delle

limitazioni al momento. AI/ML è utile per classificare eventi rari e stimarne i parametri, ma prevederli prima che accadano resta estremamente difficile. La scarsità e l'irregolarità dei dati di addestramento limitano la capacità dei modelli di generalizzare, e molti di essi sono più ricostruttivi che realmente predittivi. Inoltre, fattori come il rumore nei dati, le condizioni di osservazione, la complessità fisica dei fenomeni e la variabilità degli oggetti riducono la precisione e l'affidabilità delle previsioni. Infine, la trasparenza e l'interpretabilità dei modelli restano questioni cruciali per garantire fiducia e verificabilità dei risultati."

È possibile applicare l'IA a processi automatici di osservazione spaziale?

"L'IA consente ai telescopi spaziali e terrestri di identificare automaticamente oggetti o eventi di interesse (come supernove, asteroidi, esopianeti o sorgenti variabili) analizzando in tempo reale grandi flussi di dati. Un esempio si ha nei progetti come Vera Rubin Observatory (LSST) o ESA Gaia, dove algoritmi di machine learning filtrano miliardi di sorgenti per riconoscere elementi transitori o anomalie in tempo quasi reale. Questo permette di attivare automaticamente follow-up con altri strumenti, senza intervento umano immediato. Più in generale, l'IA automatizza la riduzione dei dati astronomici, migliorando qualità e velocità di analisi, rimuovendo rumore di sottofondo e gli artefatti (satelliti, raggi cosmici), ricostruendo immagini e facendo una calibrazione fotometrica e spettroscopica automatica. Nelle missioni spaziali, sistemi IA permettono a rover, satelliti o telescopi di operare in modo autonomo in ambienti remoti o con forti ritardi di comunicazione. Come già citato i rover marziani (Curiosity, Perseverance) usano IA per la navigazione autonoma e la selezione dei target scientifici. Futuri telescopi spaziali potranno scegliere in autonomia dove puntare, ottimizzando il tempo di osservazione in base a priorità scientifiche o condizioni ambientali. I nuovi survey (LSST, Euclid, JWST, SKA) producono immense quantità di dati, l'IA è indispensabile per gestire e automatizzare l'intero flusso osservativo, dalla raccolta alla pubblicazione dei cataloghi scientifici".

Gruppo Corpi minori nel 2024

di Stefano Sposetti

Il 2024 è risultato molto proficuo poiché il numero di corde ha superato del 27% quello dell'anno precedente. L'anno non si è distinto per l'importanza degli eventi osservati ma piuttosto per il numero di corde misurate. Un'occultazione quasi straordinaria (Alagasta) ha ottenuto sei corde e tre eventi ne hanno ottenute tre (Vala, Bertholda, Meliboea).

Le corde più numerose sono state ottenute:

- 9 corde a gennaio
- 9 corde a febbraio (con l'evento di Alagasta)
- 7 corde a marzo
- 8 corde ad aprile
- 9 corde a novembre
- 13 corde a dicembre

Le osservazioni sono state eseguite dalle 6 postazioni fisse di Bellinzona, Como, Cugnasco, Gnosca, Muzzano, Porza e dalle 7 postazioni mobili di Carasso, Locarno, Mezzovico, San Bernardino, Santa Maria Calanca, Verdabbio, Fluminimaggiore (I).

A proposito dell'occultazione asteroidale di (738) Alagasta, programmata per il 5 febbraio e promossa dal gruppo Corpi minori, ci preme riferire che è stata seguita in tempo reale da circa una dozzina di persone dislocate sia nel Sopra

che nel Sottoceneri. Le condizioni meteorologiche erano ottime e il breve evento è stato osservato con successo. La stella è sparita in maniera improvvisa lasciando un vuoto di luce che in alcune postazioni è durato fino a una decina di secondi. Un gruppo di studenti del Liceo di Bellinzona ha pure contribuito con una sua misura. I dati registrati permetteranno di migliorare l'orbita e le dimensioni dell'asteroide.

Bilancio osservativo annuale del GCM: 61 corde in 43 eventi positivi

Osservatore	Eventi Osservati	Corde
Luca Bartek	1	1
Carlo Gualdoni	1	1
Andrea Manna	10	6
Alberto Ossola	25	11
Stefano Sposetti	162	41
Ivan Zivko et al.	1	1
TOTALE	200	61
TOTALE 2023	223	48

Segue l'elenco dei 43 eventi positivi del 2024 (in grassetto). Qui sono anche elencati gli eventi con 1 o 2 "integration frame" considerati come possibili o probabili.

Data	(N)	Asteroide	Note	Corde	Luogo
2024-12-31	(137)	Meliboea		3	CUG GNO MUZ
2024-12-30	(5885)	Apeldoorn	(2 integr frame)	1	GNO
2024-12-27	(5757)	Ticha		1	GNO
2024-12-25	(169418)	2001 XF208		1	GNO
2024-12-25	(58327)	1994 SC9	(1 integr frame)	1	GNO
2024-12-24	(109990)	2001 SS58		1	MUZ
2024-12-23	(420)	Bertholda		3	CUG GNO MUZ
2024-12-23	(1284)	Latvia		2	GNO MUZ
2024-12-03	(27605)	2001 HN9		1	GNO
2024-12-02	(1237)	Genevieve	GAIAMOONS Feed	1	BER
2024-11-29	(368)	Haidea		2	CUG GNO
2024-11-18	(718)	Erida		1	GNO
2024-11-09	(436)	Patricia		1	MUZ
2024-11-07	(85571)	1998 BV21		1	GNO
2024-11-05	(9193)	Geoffreycopland	(2 integr frame)	1	GNO
2024-11-03	(445)	Edna		1	GNO
2024-11-02	(501)	Urhixidur		1	GNO
2024-11-02	(247)	Eukrate		2	GNO MUZ
2024-09-30	(48153)	2001 FW172		1	FLU
2024-09-17	(137)	Meliboea		1	FLU
2024-09-14	24471	2000 SH313	Jupiter Trojan	1	FLU
2024-09-05	(308)	Polyxo		1	FLU
2024-08-11	(165650)	2001 HN36		1	GNO
2024-07-17	(13345)	1998 SW132		1	GNO
2024-04-25	(45611)	2000 DV54		1	GNO
2024-04-18	(1960)	Guisan		1	GNO
2024-04-12	(599)	Luisa		1	LOC
2024-04-12	(248)	Lameia		2	CUG LOC
2024-04-12	(4446)	Carolyn		1	GNO
2024-04-02	(4280)	Simonenko		2	CRS GNO
2024-03-23	(54861)	2001 OJ25		1	MUZ
2024-03-19	(131)	Vala		3	GNO MEZ MUZ
2024-03-16	(11745)	1999 NH3		1	GNO
2024-03-14	(7210)	Darius		1	POR
2024-03-12	(10931)	Ceccano		1	MUZ
2024-02-05	(738)	Alagasta		6	BEL COM CUG GNO MEZ MUZ
2024-02-02	(491)	Carina		2	GNO VER
2024-02-28	(998)	Bodea		1	MUZ
2024-01-28	(2098)	Zyskin		1	SMC
2024-01-28	(16708)	1995 SP1		1	GNO
2024-01-27	(1420)	Radcliffe		1	GNO
2024-01-25	(217)	Eudora		1	GNO
2024-01-24	(1018)	Arnolda		1	GNO
2024-01-16	(32950)	1996 CA1		1	GNO
2024-01-15	(14569)	1998 QB32		2	CUG GNO
2024-01-13	(510)	Mabella		1	GNO
2024-01-11	(8389)	1993 FT37	(1 integr frame)	1	GNO

Le osservazioni svolte per "Feed" importanti sono state:

Data	Nome	Feed	Luogo	Risultato
2024-01-20	Miranda (Uranus V)	LuckyStar	GNO	?
2024-02-14	2002 XW93	Luckystar	GNO	?
2024-03-12	(4875) Ingalls	Gaiamoons	GNO	NEG
2024-10-30	2010 XE91	Luckystar	GNO	NEG
2024-11-29	(911) Agamemnon	Gaiamoons	CUG GNO	NEG e NEG
2024-12-02	(1237) Genevieve	Gaiamoons	BER GNO	POS e NEG

(?) Il punto interrogativo definisce lo status ancora sconosciuto delle analisi dei professionisti.

Tutte le nostre misure sono riportate sul sito europeo SODIS come pure su SOTAS che è il sito del gruppo di lavoro svizzero sulle occultazioni asteroidali sotto l'ombrello della SAS.

Confronto con la Svizzera:

61 corde del GCM su 123 (~50 %)

In questo 2024 gli osservatori d'oltralpe sono stati P. Englmaier, M. Kohl, S. Meister, A. Schweizer, R. Spinner, C. Ziolk. Hanno fatto 164 osservazioni ottenendo 62 corde. Noi a sud delle Alpi siamo fieri di aver contribuito con le nostre 61 corde.

Giornate di studio

Il GCM ha organizzato in Ticino tre incontri: **17 febbraio 2024** online per discutere l'evento di Alagasta (dieci partecipanti) **9 marzo 2024** presso il Ristorante Casa del Popolo a Bellinzona (nove presenti) **16 novembre 2024** sempre presso il Ristorante Casa del Popolo (otto partecipanti).

Il Gruppo SOTAS ha organizzato un incontro: **4 maggio 2024** Bülach: gruppo SOTAS della SAG (dieci presenti).

L'associazione internazionale IOTA ha organizzato i seguenti incontri:

- 4 febbraio 2024** Meeting online SODIS
- 7 aprile 2024** IOTA/ES Meeting online
- 2 giugno 2024** IOTA/ES Meeting online
- 4 agosto 2024** IOTA/ES Meeting online
- 23/25 agosto 2024** incontro IOTA/ES a Stutgart con 7 persone provenienti dalla Svizzera
- 2 dicembre 2024** IOTA/ES Meeting online.

Pubblicazioni

JOA 2024-2 Stefano Sposetti, Encouraging Young Students to Practice Stellar Occultations

Altro

Il GCM ha annunciato sulla piattaforma Astro-Ti l'allerta per l'osservazione di (738) Alagasta. Questo rapporto è pubblicato sul sito: www.astroticino.ch/occultazioni-asterodiali



Alagasta

L'asteroide Alagasta e la stella target che verrà occultata durante l'evento del 5 febbraio 2024. Alagasta è molto più debole della stella ed è appena visibile in questa immagine realizzata 30 minuti prima della sovrapposizione di Alagasta sulla stella. (Stefano Sposetti)

Cosa c'è in cielo?

Da gennaio a febbraio 2026

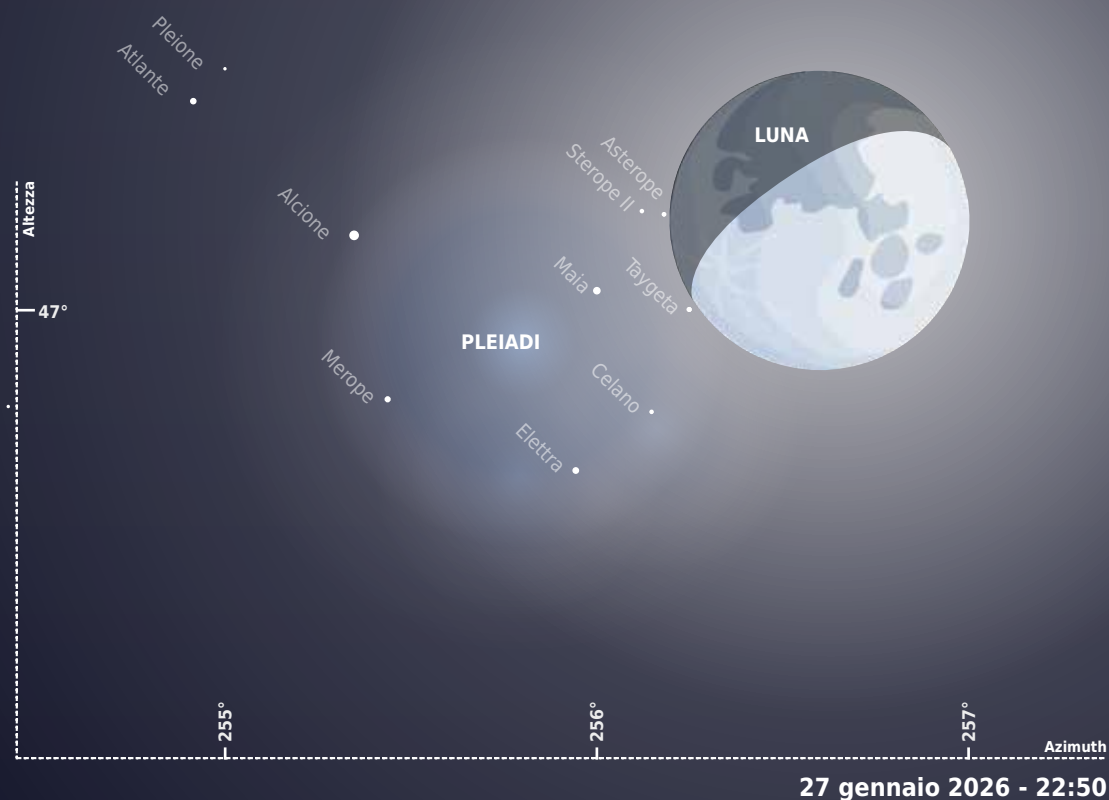
di Maurizio Vannetti

In collaborazione con



L'ideatorio

Un laboratorio di idee dell'USI



In breve

- 3 gennaio** Perielio (Terra più vicina al Sole)
- 3 gennaio** Luna piena al perigeo (Luna più vicina alla Terra)
- 10 gennaio** ☾ Giove in opposizione
- 27 gennaio** ☾ Occultazione lunare delle Pleiadi
- 1 febbraio** Luna piena
- 17 febbraio** Luna nuova
- 18 febbraio** ☽ Allineamento Mercurio - Luna - Venere
- 26 febbraio** ☽ Maniglia d'oro sulla Luna

Gennaio

Nonostante la sua origine prettamente storica e culturale, e non legata a un evento astronomico preciso, i festeggiamenti dell'inizio del nuovo anno, il 1° gennaio, cadono poco dopo il solstizio d'inverno (21 dicembre). Molte culture antiche onoravano i solstizi e gli equinozi come momenti chiave del ciclo annuale, celebrando la rinascita stagionale. L'attuale festività del Capodanno potrebbe anche riflettere un'eredità più antica legata al ritorno della luce.

L'origine risale all'antica Roma: tradizionalmente, l'inizio dell'anno romano era fissato al mese di marzo, ma nel 154 a.C., per ragioni politiche e militari, Giulio Cesare, con la riforma del calendario giuliano, spostò la data di inizio del mandato dei consoli al 1° gennaio. Questa data è stata poi universalizzata da Papa Gregorio XIII nel 1582, quando introdusse il calendario gregoriano per correggere la deriva del calendario giuliano e assicurare un migliore allineamento con le stagioni, in particolare per calcolare correttamente la Pasqua.

Non tutte le civiltà, però, adottano il 1° gennaio come l'inizio dell'anno. Nei calendari basati sul ciclo solare, come quello iraniano (Nowruz), il Capodanno cade con precisione all'equinozio di primavera (20 marzo). Il Capodanno cinese (o Capodanno lunisolare) è un altro esempio, che cade generalmente alla seconda Luna nuova dopo il solstizio d'inverno (tra fine gennaio e inizio febbraio). Questa festa, conosciuta anche come Festa di primavera, è celebrata in molti paesi dell'Asia orientale come Cina, Corea e Vietnam, sebbene con tradizioni locali distinte.

Il 3 gennaio, la Terra raggiunge il punto della sua orbita più vicino al Sole, noto come perielio. Lo

stesso giorno si verifica anche il plenilunio (Luna piena) che questo mese si verifica al perigeo (il punto più vicino alla Terra), questa è anche la prima delle tre superlune del 2026, apparendo leggermente più grande e luminosa del solito. L'anno comincia quindi con la Terra nel suo punto più vicino al Sole e la Luna nel suo punto più vicino alla Terra.

Parlando sempre di oggetti celesti vicini tra loro: l'evento planetario più significativo del mese è l'opposizione di Giove il 10 gennaio. In questa data, il gigante gassoso sarà all'approccio più vicino alla Terra e dunque più luminoso.

Il mese si chiude poi la sera del 27 gennaio con la Luna in fase crescente che occulterà alcune stelle dell'ammasso delle Pleiadi, conosciute anche come "le sette sorelle".

Consigli d'osservazione

☾ 🏠 📡 **Giove**
Visibile tutta la notte e in opposizione il 10 gennaio.

☾ 🏠 📡 **Saturno**
Visibile nella prima parte della notte, poi sempre più basso in cielo, fino a non essere più visibile da fine marzo.

☾ 🏠 📡 **Pleiadi M45**
Ammasso aperto nella costellazione del Toro composto di centinaia di stelle relativamente vicine tra loro con una origine comune. Si consiglia l'osservazione anche col binocolo.

🏠 📡 **Nebulosa di Orione M42**
La nebulosa di Orione è una nebulosa diffusa tra le più brillanti del cielo notturno. Si colloca a sud del famoso asterismo della Cintura di Orione, al centro della cosiddetta Spada di Orione, dove - in condizioni di cielo buio - è riconoscibile ad occhio nudo come oggetto non stellare. Dista circa 1'500 anni luce dalla Terra, si estende per circa 24 anni luce ed è una tra le regioni di formazione stellare più vicine al Sistema solare.

☾ 🏠 📡 **Nebulosa del granchio M1**
Si tratta di resto dell'esplosione della supernova 1054, nella costellazione del Toro. Fu scoperta nel 1731 da John Bevis, ed è il primo oggetto

Cartina

del catalogo di oggetti astronomici pubblicato da Charles Messier nel 1774 (da qui il numero di catalogo M1). La nebulosa, oggi vasta più di sei anni luce, è formata dai gas in espansione. L'e-sposizione, avvenuta nel luglio 1054, fu descritta da astronomi cinesi e arabi. La stella fu visibile di giorno per ben 23 giorni.

Febbraio

Febbraio è un mese di transizione, non solo dal punto di vista meteorologico, spesso caratterizzato dalle nevicate più intense (per i nativi americani, la Luna piena di questo mese, che cade proprio il 1° di febbraio, era conosciuta con il nome di Luna della neve), ma anche astronomicamente, con fenomeni di grande rilievo e una suggestiva coincidenza con le tradizioni del Carnevale.

Il culmine delle celebrazioni del Carnevale, il Martedì grasso, cade precisamente il 17 febbraio 2026. Questa data segna la chiusura dei festeggiamenti prima dell'inizio della Quaresima, periodo di astinenza e digiuno. Le origini del Carnevale, che anticamente era noto anche come *carne levare* ("eliminare la carne"), affondano in festività pagane come i Saturnali e le Dionisie, che celebravano un rovesciamento temporaneo dell'ordine e simboleggiavano la rigenerazione e la fecondità della terra dopo il sonno invernale.

La coincidenza astrale è notevole: il 17 febbraio, giorno di Martedì grasso, si verifica anche la Luna nuova alle 12.05 UTC e, contemporaneamente, un'eclissi solare anulare. Sebbene quest'ultima non sia visibile dall'Europa (ma solo in Antartide e nell'Oceano Indiano meridionale), la presenza di una fase di Luna nuova (simbolo di occultamento e nuovo inizio) proprio nel giorno in cui si celebra la fine del ciclo di baldoria prima della penitenza, evoca l'antico significato purificatorio del Carnevale e la sua funzione di abolizione del tempo trascorso per accogliere una nuova creazione cosmica. La fine del disordine del Carnevale (il caos) precede la ricostituzione dell'ordine (la nuova Creazione).

Il 18 febbraio ci sarà un bello spettacolo plane-

tario serale: trenta minuti dopo il tramonto, sarà visibile una sottile falce di Luna crescente posizionata tra Venere e Mercurio sull'orizzonte a ovest.

Sulla Luna, grazie ai raggi del Sole bassi all'orizzonte, si possono ammirare diversi giochi di luce e ombre, che rientrano tutti nel concetto di chiaro-scuro. Uno degli esempi più belli è la cosiddetta "maniglia d'oro", che sarà visibile il 26 febbraio. Qui, nell'arco di un paio di ore, possiamo ammirare i picchi dei Montes Jura che vengono illuminati dal Sole, mentre la piccola pianura del Sinus Iridum (Baia dell'arcobaleno) resta parzialmente immersa nell'oscurità. Già un piccolo binocolo è in grado di mostrare nitidamente l'arco illuminato, serve però un telescopio per vedere i dettagli delle vette illuminate.

Consigli di osservazione

Maniglia d'oro sulla Luna

Il 26 febbraio, dopo le 3:30 e fino al tramonto della Luna, i picchi dei Montes Juras saranno illuminati dal Sole, mentre la pianura della Baia dell'arcobaleno rimarrà nell'ombra. L'effetto è quello di un arco di luce.

Mercurio

Alla massima elongazione il 19 febbraio, sarà visibile da metà febbraio poco dopo il tramonto.






M81 e M82

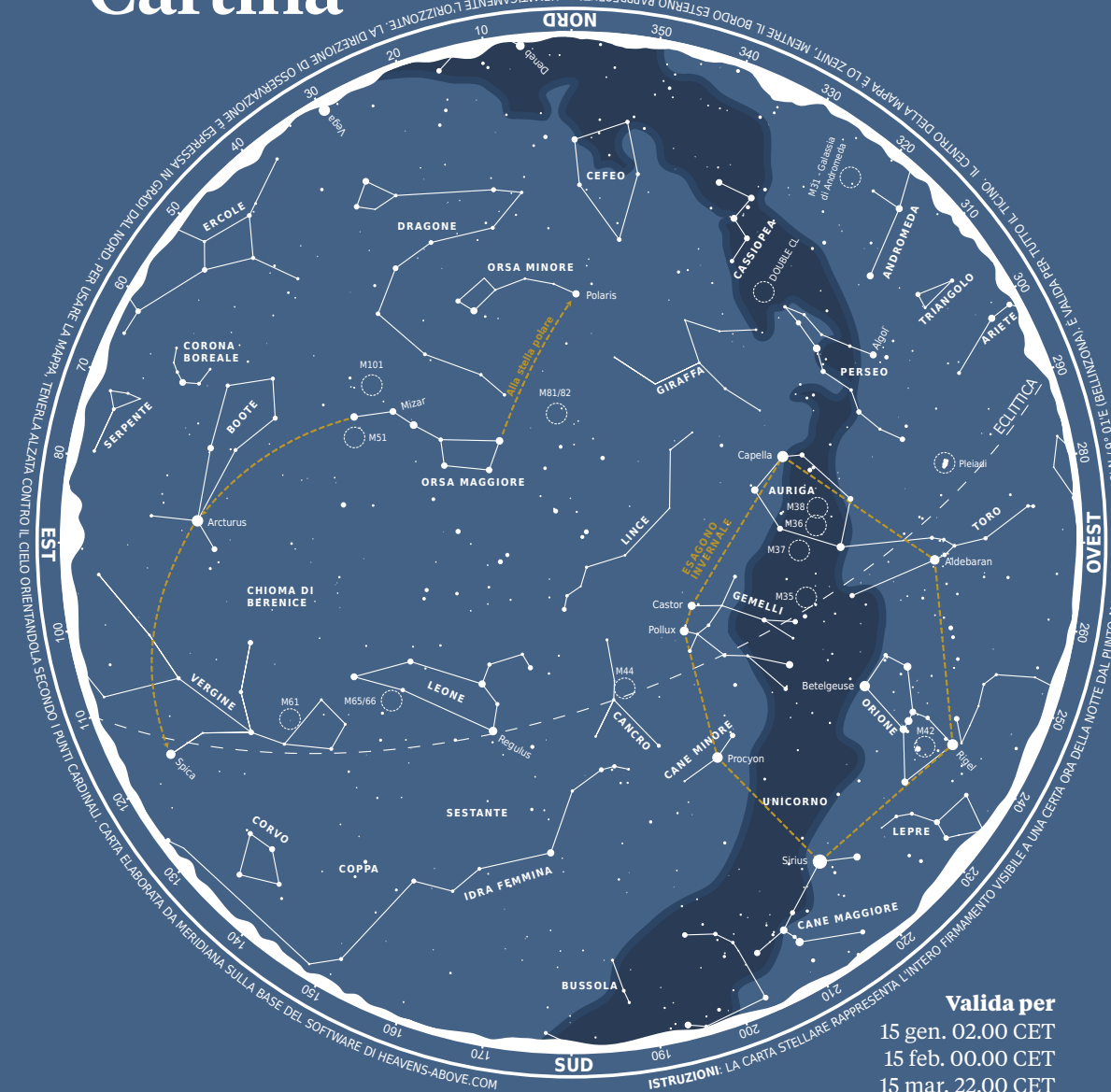
Coppia di galassie ravvicinate nella costellazione del Dragone.

Nebulosa Rosetta NGC 2237

Situata tra le stelle Procione e Betelgeuse, è situata nella costellazione dell'Unicorno.

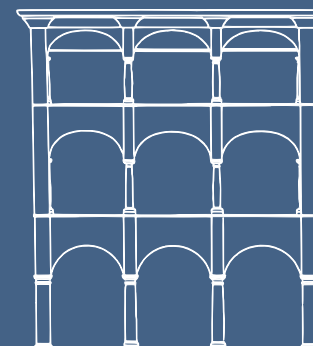
Legenda

- Visibile a occhio nudo 
- Visibile con un binocolo 
- Visibile con un telescopio 
- Opportunità per scattare foto 
- Evento in una data precisa 



Valida per

- 15 gen. 02.00 CET
- 15 feb. 00.00 CET
- 15 mar. 22.00 CET



LIBRERIA CARTOLERIA LOCARNESE

PIAZZA GRANDE 32
6600 LOCARNO
Tel. 091 751 93 57
libreria.locarnese@ticino.com

Libri divulgativi di astronomia
Atlanti stellari
Cartine girevoli "SIRIUS"
(modello grande e piccolo)

Agenda

da gennaio a febbraio 2026

Un viaggio nel cosmo
 alle 14.30 e alle 16.00 - *L'ideatorio, Cadro*
 Una silenziosa biglia blu, sospesa nel buio: ecco come appare il nostro pianeta dallo spazio. Si partirà da qui, da casa nostra, per andare alla scoperta di galassie e buchi neri, vita extraterrestre e missioni spaziali. Un viaggio per musica e immagini, con affascinanti proiezioni immersive che ci porteranno dagli austeri panorami di Marte ai suggestivi anelli di Saturno, fino alle nebulose e alle galassie più remote. Fra miti e leggende, ben oltre i nostri umani confini, in compagnia di sogni, timori e tanta meraviglia. È fortemente consigliata la prenotazione. Altre date su: ideatorio.usi.ch.

Esiste un pianeta B?
 alle 18.30 - *L'ideatorio - Cadro*
 Questo viaggio permette di prendere consapevolezza della fragilità del nostro pianeta e della nostra posizione cosmica, incoraggiandoci a preservare e proteggere ciò che abbiamo. L'astronomia ci ha rivelato infatti la vulnerabilità del nostro pianeta, dimostrando che la Terra è una piccola e preziosa oasi nel vasto universo. La proiezione è condotta e narrata dal vivo. È fortemente consigliata la prenotazione. Altre date sul sito: ideatorio.usi.ch.

Alla conquista della Luna
 alle 17.00 - *L'ideatorio, Cadro*
 Il 20 luglio 1969, seicento milioni di persone in ogni angolo del mondo vissero in diretta un momento storico eccezionale: il primo passo per un uomo sulla Luna. Verrà raccontata la storia delle missioni Apollo con le immagini

di "CAPCOM Go!" un'affascinante e ricca produzione inglese del 2019, pluripremiata e presentata nei maggiori planetari al mondo. La proiezione, narrata dal vivo, sarà preceduta da un'introduzione all'osservazione del cielo del mese. Altre date sul sito: ideatorio.usi.ch.

Specola Solare

L'osservatorio si trova a Locarno- Monti, presso MeteoSvizzera. **Attenzione:** a causa di importanti lavori di rinnovo, le attività osservative per il pubblico alla Specola Solare sono attualmente sospese. I lavori si concluderanno non prima dell'estate del 2026, dopodiché tutte le attività riprenderanno regolarmente.

Monte Lema

L'osservatorio posto a 1'600 metri di altezza in zona Sparvera è chiuso per la stagione invernale. Le osservazioni riprenderanno in primavera con l'inizio delle corse della funivia. Maggiori informazioni sono sempre reperibili all'indirizzo: www.lemamountain.ch.

Calina di Carona

Le sessioni di osservazione al Calina di Carona sono sospese per il periodo invernale. Riprenderanno a marzo con il consueto programma che comprenderà le osservazioni del Sole, le serate al primo quarto di Luna e ogni primo venerdì del mese.

Planetari L'ideatorio

Situati a Cadro (Palazzo Reali Piazza del Municipio 2) e presso la Casa della sostenibilità di Airolo (Via della Stazione 46), offrono spettacoli che vi accompagnano alla scoperta del cosmo. Maggiori informazioni: ideatorio.usi.ch.

Per i nostri lettori il cielo è in regalo

Ne avevamo già accennato nell'editoriale dello scorso numero: la Società Astronomica Ticinese ha realizzato un planisfero (una carta celeste che si adatta a orari e stagioni) con il quale vuole festeggiare il 50esimo di Meridiana.

A ben vedere, il progetto è nato qualche tempo prima, ma è stato concretizzato durante il 2025, anno del 50esimo. È così che è nata l'idea di offrirne uno a soci e abbonati, quale ringrazia-

mento per il costante sostegno alla pubblicazione di questa rivista. Diverse persone hanno già provveduto a richiedere il loro, se non lo avete ancora fatto, scrivete a meridiana@astroticino.ch, indicando l'indirizzo dove già ricevete la rivista. Il planisfero arriva smontato: e in due pezzi: l'astuccio va piegato e incollato, mentre il disco viene aggiunto successivamente con la "punta di Parigi" fornita con il kit.



Impianti elettrici e solari su misura. Da 40 anni, eccellenza e innovazione.



**elettricità
bronz**



Elettricità Bronz SA
via Mappo 11 / 6598 Tenero
Tel. 091 935 91 00
www.bronz.ch / info@bronz.ch