



Meridiana

Bimestrale di astronomia

Anno XLII

Marzo-Aprile 2016

241

Organo della Società Astronomica Ticinese e dell'Associazione Specola Solare Ticinese

SOCIETÀ ASTRONOMICA TICINESE

www.astroticino.ch

RESPONSABILI DELLE ATTIVITÀ PRATICHE

Stelle variabili:

A. Manna, La Motta, 6516 Cugnasco
(091.859.06.61; andreamanna@freesurf.ch)

Pianeti e Sole:

S. Cortesi, Specola Solare, 6605 Locarno
(091.751.64.35; scortesi@specola.ch)

Meteorite, Corpi minori, LIM:

S. Sposetti, 6525 Gnosca (091.829.12.48;
stefanosposetti@ticino.com)

Astrofotografia:

Carlo Gualdoni (gualdoni.carlo@gmail.com)

Inquinamento luminoso:

S. Klett, Via Termine 125, 6998 Termine
(091.220.01.70; stefano.klett@gmail.com)

Osservatorio «Calina» a Carona:

F. Delucchi, Sentée da Pro 2, 6921 Vico Morcote
(079-389.19.11; fausto.delucchi@bluewin.ch)

Osservatorio del Monte Generoso:

F. Fumagalli, via Broglio 4 / Bonzaglio, 6997 Sessa
(fumagalli_francesco@hotmail.com)

Osservatorio del Monte Lema:

G. Luvini, 6992 Vernate (079-621.20.53)

Sito Web della SAT (<http://www.astroticino.ch>):

Anna Cairati (acairati@gmail.com)

Tutte queste persone sono a disposizione dei soci e dei lettori di "Meridiana" per rispondere a domande sull'attività e sui programmi di osservazione.

MAILING-LIST

AstroTi è la mailing-list degli astrofili ticinesi, nella quale tutti gli interessati all'astronomia possono discutere della propria passione per la scienza del cielo, condividere esperienze e mantenersi aggiornati sulle attività di divulgazione astronomica nel Canton Ticino. Iscrivere è facile: basta inserire il proprio indirizzo di posta elettronica nell'apposito form presente nella homepage della SAT (<http://www.astroticino.ch>). L'iscrizione è gratuita e l'email degli iscritti non è di pubblico dominio.

QUOTA DI ISCRIZIONE

L'iscrizione per un anno alla Società Astronomica Ticinese richiede il versamento di una quota individuale pari ad almeno Fr. 40.- sul conto corrente postale n. 65-157588-9 intestato alla Società Astronomica Ticinese. L'iscrizione comprende l'abbonamento al bimestrale "Meridiana" e garantisce i diritti dei soci: prestito del telescopio sociale, accesso alla biblioteca.

TELESCOPIO SOCIALE

Il telescopio sociale è un Maksutov da 150 mm di apertura, $f=180$ cm, di costruzione russa, su una montatura equatoriale tedesca HEQ/5 Pro munita di un pratico cannocchiale polare a reticolo illuminato e supportata da un solido treppiede in tubolare di acciaio. I movimenti di Ascensione Retta e declinazione sono gestiti da un sistema computerizzato (SynScan), così da dirigere automaticamente il telescopio sugli oggetti scelti dall'astrofilo e semplificare molto la ricerca e l'osservazione di oggetti invisibili a occhio nudo. È possibile gestire gli spostamenti anche con un computer esterno, secondo un determinato protocollo e attraverso un apposito cavo di collegamento. Al tubo ottico è stato aggiunto un puntatore *red dot*. In dotazione al telescopio sociale vengono forniti tre ottimi oculari: da 32 mm (50x) a grande campo, da 25 mm (72x) e da 10 mm (180x), con barileto da 31,8 millimetri. Una volta smontato il tubo ottico (due viti a manopola) e il contrappeso, lo strumento composto dalla testa e dal treppiede è facilmente trasportabile a spalla da una persona. Per l'impiego nelle vicinanze di una presa di corrente da 220 V è in dotazione un alimentatore da 12 V stabilizzato. È poi possibile l'uso diretto della batteria da 12 V di un'automobile attraverso la presa per l'accendisigari.

Il telescopio sociale è concesso in prestito ai soci che ne facciano richiesta, per un minimo di due settimane prorogabili fino a quattro. Lo strumento è adatto a coloro che hanno già avuto occasione di utilizzare strumenti più piccoli e che possano garantire serietà d'intenti e una corretta manipolazione. Il regolamento è stato pubblicato sul n. 193 di "Meridiana".

BIBLIOTECA

Molti libri sono a disposizione dei soci della SAT e dell'ASST presso la biblioteca della Specola Solare Ticinese (il catalogo può essere scaricato in formato PDF). I titoli spaziano dalle conoscenze più elementari per il principiante che si avvicina alle scienze del cielo fino ai testi più complessi dedicati alla raccolta e all'elaborazione di immagini con strumenti evoluti. Per informazioni sul prestito, scrivere alla Specola Solare Ticinese (cagnotti@specola.ch).

PERSONE DI RIFERIMENTO PER MERIDIANA

Spedire articoli da pubblicare (possibilmente in formato Word) a:

Sergio Cortesi: scortesi1932@gmail.com

Anna Cairati : acairati@gmail.com

Sommario

Astronotiziario	4
Osservazione di esopianeti	14
Ho parlato con Galileo	24
Con l'occhio all'oculare...	25
Effemeridi da marzo a maggio 2016	26
Cartina stellare	27

La responsabilità del contenuto degli articoli è esclusivamente degli autori.

Editoriale

Il sommario dell'attuale numero del nostro bimestrale è solo in apparenza scarno: in realtà il contenuto della rivista occupa quattro pagine in più del numero precedente. Abbiamo infatti ampliato le attualità dell'Astronotiziario in apertura, con particolare rilievo alla notizia sensazionale della scoperta delle onde gravitazionali, basilare per la fisica e la cosmologia, compiuta da un gruppo di fisici statunitensi e italiani. Ci sembra di essere facili profeti nell'affermare che questa scoperta meriterà un premio Nobel in un prossimo futuro.

Secondo contributo importante è il lavoro di maturità di due studenti del Liceo2 di Lugano, il cui soggetto è stato loro suggerito dal docente di fisica, l'astrofisico prof. Nicolas Cretton. Purtroppo abbiamo dovuto riassumere il lavoro, che occupa 60 pagine formato A4, con le parti che pensiamo più originali, ossia quelle che si riferiscono alle osservazioni personali eseguite all'osservatorio Astrocalina di Carona sotto la guida del nostro esperto Francesco Fumagalli.

Un piccolo appunto per i nostri lettori: probabilmente a una buona parte di loro è sfuggito che nel numero precedente della rivista era allegata la polizza di versamento per la quota della tassa sociale (o di abbonamento) 2016.

Redazione:

Specola Solare Ticinese
6605 Locarno Monti
Sergio Cortesi (direttore),
Michele Bianda, Marco Cagnotti,
Anna Cairati, Philippe Jetzer,
Andrea Manna

Collaboratori:

Mario Gatti, Stefano Sposetti

Editore:

Società Astronomica Ticinese

Stampa:

Tipografia Poncioni SA, Losone

Abbonamenti:

Importo minimo annuale:

Svizzera Fr. 30.-, Estero Fr. 35.-

(Società Astronomica Ticinese)

La rivista è aperta alla collaborazione dei soci e dei lettori. I lavori inviati saranno vagliati dalla redazione e pubblicati secondo lo spazio a disposizione. Riproduzioni parziali o totali degli articoli sono permesse, con citazione della fonte.

Il presente numero di "Meridiana" è stato stampato in 1.100 esemplari.

Copertina

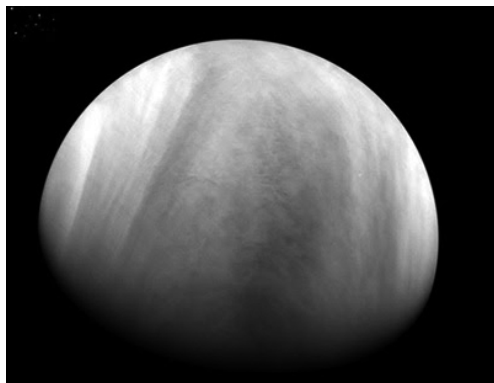
Foto di Alberto Ossola da Muzzano: nebulosa Rosetta (Unicorno) ripresa il 31 gennaio 2016. Esempio di quanto si può ottenere con modesta attrezzatura sotto i nostri cieli inquinati con l'aiuto della moderna tecnica digitale. 18 pose da 10 min l'una. Rifrattore apo.90 mm f:6.3, filtro "deep sky", camera Canon 1000D modificata astro.

Astronotiziario

a cura di Coelum
(www.coelum.com/news)

Akatsuki ce l'ha fatta: ingresso in orbita riuscito (Pietro Capuozzo)

La JAXA, l'agenzia spaziale giapponese, ha confermato poco fa che la sua sonda Akatsuki si è inserita nell'orbita desiderata attorno a Venere. La conferma che la disperata manovra di inserimento orbitale fosse stata eseguita alla perfezione dal sistema di propulsione secondario era arrivata già pochi minuti dopo lo spegnimento dei motori; ora, però, è arrivata anche la conferma radio: analizzando le comunicazioni con la sonda, gli ingegneri hanno potuto calcolare con precisione la sua orbita. Akatsuki si è inserita in un'orbita di 400 per 440000 chilometri attorno a Venere, con un periodo di 13 giorni e 14 ore e una direzione prograda, ossia identica a quella della rotazione del pianeta. Tre degli strumenti scientifici – UVI, LIR e IR1 – erano già stati attivati nell'arco delle scorse settimane; ora sarà il turno degli altri tre strumenti, IR2, LAC e USO. Nel corso dei prossimi mesi, inoltre, la sonda eseguirà una

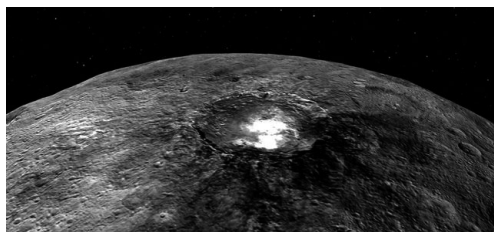


Venere ripresa dalla camera Ultraviolet Imager (UVI) a bordo della sonda Akatsuki, il 7 dicembre, subito dopo le manovre di entrata in orbita, a circa 72,000 km dalla superficie.

serie di manovre per ridurre il suo periodo orbitale a nove giorni. La missione entrerà davvero nel vivo, almeno dal punto di vista scientifico, ad aprile.

Risolto il mistero dei punti bianchi di Cerere (Pietro Capuozzo)

La sonda americana Dawn, in orbita da nove mesi attorno a Cerere, ha mappato più di 130 aree luminose sulla superficie di Cerere, la maggior parte delle quali sono associate a crateri da impatto. Secondo uno studio guidato da Andreas Nathues del Max Planck Institute for Solar System Research, la composizione del materiale chiaro è compatibile con la presenza di un solfato di magnesio noto come esaidrite. Si pensa che le aree chiare ricche di sale si siano formate in seguito alla sublimazione di acqua ghiacciata. “La natura globale dei punti luminosi di Cerere suggerisce che questo mondo abbia uno strato sotterraneo di ghiaccio d’acqua,” spiega Nathues. Tra tutte le aree chiare che costellano la superficie di Cerere, le più luminose sono le due strutture all’interno di Occator, un cratere largo circa 90 km. I due punti, uno dei quali è situato in corrispondenza della fossa centrale, larga 10 chilometri e profonda 0,5, riflettono circa il 50% della luce che ricevono. La fossa, inoltre, è attraversata da una serie di solchi e fratture. Il cratere, con i suoi bordi marcati, è considerato dagli scienziati una delle più recenti formazioni apparse su Cerere, con un’età stimata intorno ai 78 milioni di anni. Le immagini mostrano anche una sorta di foschia sospesa al di sopra di Cerere, una scoperta che potrebbe spiegare l’identificazione di vapore acqueo attorno al pianeta nano effettuata dal telescopio spaziale Herschel nel 2014. La foschia è presente nelle immagini scattate verso mezzogiorno ora locale ed è invece assente all’al-



Il cratere Occator di Cerere, elaborato in falsi colori per dare risalto alle differenti componenti della superficie.

ba e al tramonto. Gli scienziati ritengono possibile che un fenomeno simile a quello che caratterizza le attività cometary sia all'opera nel cratere Occator, con minuscole particelle di polvere e ghiaccio residuo che vengono sollevate in aria dal vapore acqueo. Tuttavia, saranno necessari dati a risoluzioni maggiori per poter far luce sui meccanismi alla base di questo fenomeno.

“Il team di Dawn sta ancora discutendo su questi risultati e analizzando i dati per comprendere meglio la situazione nel cratere Occator,” spiega Chris Russell, responsabile della missione. Un altro notevole risultato raggiunto da Dawn in questi mesi è l'identificazione di argille ricche di ammoniaca, una scoperta effettuata dallo spettrometro italiano VIR. La temperatura superficiale di Cerere è troppo elevata per poter consentire la presenza stabile di ammoniaca ghiacciata; tuttavia, le molecole di ammoniaca possono rimanere stabili se chimicamente legate ad altri minerali, ed è esattamente ciò che gli scienziati hanno individuato nei dati di Dawn. La presenza di ammoniaca, del tutto inaspettata, suggerisce che Cerere non si sia formato nella cintura asteroidale tra Marte e Giove dove si trova oggi, ma che abbia avuto origine molto più in là. Un altro scenario plausibile è che Cerere abbia raccolto i materiali residui provenienti dal sistema solare esterno.

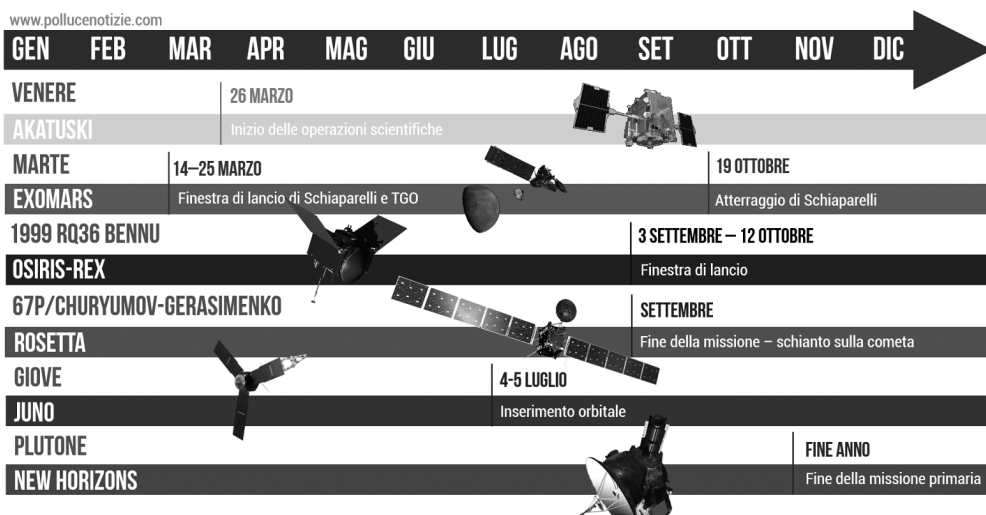
“La presenza di ammoniaca suggerisce che Cerere sia composto di materiale formatosi in un ambiente dove l'ammoniaca e l'azoto erano abbondanti,” spiega Maria Cristina de Sanctis dell'INAF. “Pensiamo che questo materiale abbia avuto origine nel sistema solare esterno.” Nonostante questa particolarità, altre regioni dello spettro di Cerere mostrano delle somiglianze a quelle di alcuni meteoriti, in particolare delle condriti carbonacee, meteoriti ricchi di carbonio che però presentano concentrazioni di acqua pari solo al 15-20%, contro il 30% di Cerere. I dati di Dawn mostrano inoltre che la temperatura superficiale varia da -90 a -33 gradi centigradi, con picchi termici nelle regioni equatoriali.

L'esplorazione del Sistema solare nel 2016 (Pietro Capuzzo)

Abbiamo dato l'addio a un anno davvero sensazionale per l'esplorazione spaziale.

Abbiamo effettuato la prima ricognizione di un pianeta nano, con l'inserimento orbitale della sonda Dawn attorno a Cerere. Ci siamo goduti, seppur di sfuggita, i panorami ghiacciati di Plutone, l'ultimo dei pianeti classici ad essere rimasto inesplorato, grazie a New Horizons. Abbiamo trovato tracce di acqua liquida sulla superficie marziana con MRO, abbiamo scortato una cometa attraverso il suo perielio con Rosetta, abbiamo iniziato a far luce sui meccanismi della perdita atmosferica di Marte con MAVEN, ci siamo disintegrati nell'atmosfera di Venere con Venus Express e poi siamo tornati in orbita con Akatsuki, ci siamo schiantati contro la superficie di Mercurio con MESSENGER, abbiamo assaggiato le acque dell'oceano alieno che si nasconde sotto la crosta ghiacciata di Encelado con Cassini, abbiamo scoperto nuovi pianeti abitabili oltre i confini del nostro sistema solare con

www.pollucenotizie.com



Il programma spaziale 2016 in forma grafica

Kepler, abbiamo preparato il terreno per la propulsione a raggi solari con LightSail, e molto altro.

Per fortuna, il 2016 promette di essere un anno altrettanto importante per l'esplorazione del sistema solare: ecco tutti gli eventi spaziali dei prossimi 365 giorni da non perdersi, pianeta dopo pianeta.

Mercurio

Purtroppo, il pianeta più interno del sistema solare rimarrà da solo per tutto il 2016. Il lancio della missione euro-giapponese BepiColombo, inizialmente previsto per Luglio 2016, è stato rimandato a Gennaio 2017. L'arrivo delle due sonde a destinazione è invece programmato per l'inizio del 2024, quindi non c'è fretta.

Venere

Per tutto il 2016, Venere potrà godersi la compagnia della sonda giapponese Akatsuki, che recentemente ha avuto successo nel suo secondo e disperato tentativo di inserimento orbitale. Il

26 Marzo, la sonda abbasserà la sua orbita e potrà iniziare a raccogliere i dati previsti, concentrandosi soprattutto sulle dinamiche della complessa atmosfera venusiana.

Luna

Nessuna missione lunare è prevista per il 2016. Tuttavia, la sonda americana Lunar Reconnaissance Orbiter continuerà a raccogliere dati. La missione era stata cancellata dalla Casa Bianca ma è stata salvata all'ultimo minuto dal Congresso.

Marte

La flotta di sonde già in orbita e sulla superficie marziana che continueranno a esplorare il Pianeta Rosso per tutto il 2016 – in orbita, le americane MRO, MAVEN e Mars Odyssey, l'europea Mars Express e l'indiana Mars Orbiter Mission; sulla superficie, i rover americani Curiosity e Opportunity – sarà raggiunta dalle prime due sonde del programma euro-russo ExoMars. Il

Trace Gas Orbiter (TGO) e il modulo sperimentale Schiaparelli partiranno alla volta di Marte in cima a un razzo Proton nella finestra di lancio tra il 14 e il 25 Marzo 2016. Le due sonde, che hanno raggiunto il sito di lancio pochi giorni fa, arriveranno su Marte a Ottobre, concludendo una crociera interplanetaria di sette mesi. Schiaparelli tenterà uno storico atterraggio in Meridiani Planum il 19 Ottobre 2016. Il Trace Gas Orbiter invece si inserirà in un'orbita preliminare e, tramite una serie di manovre di aerofrenaggio, inizierà la sua campagna scientifica a Dicembre 2017. Con l'arrivo di TGO e Schiaparelli (che purtroppo opererà sulla superficie marziana solo tre o quattro giorni), il numero delle missioni attive sul Pianeta Rosso salirà a nove — un record.

Asteroidi

La sonda giapponese Hayabusa 2, che recentemente ha eseguito con successo una manovra di fionda gravitazionale con la Terra, continuerà il suo cammino verso l'asteroide Ryugu. Hayabusa raggiungerà Ryugu nel 2018 e farà rientro sulla Terra tra il 2020 e il 2021 con dei campioni prelevati dall'asteroide. Tra il 3 Settembre e il 12 Ottobre 2016, un'altra sonda decollerà su un viaggio di andata e ritorno verso un asteroide: si tratta dell'americana OSIRIS-REX, che raggiungerà l'asteroide Bennu nel 2018 e rientrerà sulla Terra nel 2023. Poche settimane fa, la sonda della NASA ha ricevuto il suo ultimo strumento.

Comete

Il 2016 vedrà la fine di una delle più straordinarie missioni spaziali di sempre: la sonda europea Rosetta, che sta scortando il nucleo della cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko nel suo viaggio in giro per il sistema solare già da un anno e mezzo, continuerà a risalire a distanze sempre più lontane dal Sole, dove i suoi pannelli solari avranno sempre più difficoltà a generare energia

sufficiente ad alimentare i sistemi vitali. Proprio per questo, a Settembre 2016 la sonda concluderà la propria missione appoggiandosi sul nucleo della cometa, facendo così compagnia al semivivo robotino Philae. Conoscendo Rosetta, però, ci aspettano ancora molte altre sorprese scientifiche prima della fine della missione!

Giove

Il 2016 sarà l'anno di Giove: il re dei pianeti verrà visitato dalla sonda americana Juno, che si inserirà in orbita nella notte tra il 4 e il 5 Luglio 2016. Juno sarà la prima sonda alimentata a pannelli solari a esplorare Giove, e la prima a inserirsi in un'orbita polare. Juno, che in questo momento sta proseguendo la sua crociera interplanetaria senza difficoltà, si concentrerà in particolare sulla struttura interna di Giove, indispensabile per ricostruire la formazione e l'evoluzione dell'intero sistema solare, e sulla magnetosfera del gigante gassoso.

Saturno

Come sempre, il gigante con gli anelli potrà godersi la compagnia della sonda Cassini. La missione, che terminerà nel 2017, continuerà ad aumentare gradualmente l'inclinazione della sua orbita, portandosi sempre più al di sopra dei poli di Saturno. A metà anno, poi, inizierà il gran finale della missione: la sonda si tufferà attraverso gli anelli interni di Saturno ben 22 volte — una manovra rischiosissima, che però gli ingegneri sono disposti a compiere vista l'imminente fine della missione. Ogni anno, Cassini ci regala incredibili sorprese da Saturno e dalle sue esotiche lune, ma il 2016 promette un tocco di azione in più.

Urano e Nettuno

Purtroppo, i due giganti ghiacciati del sistema solare resteranno inesplorati anche nel 2016.

Plutone

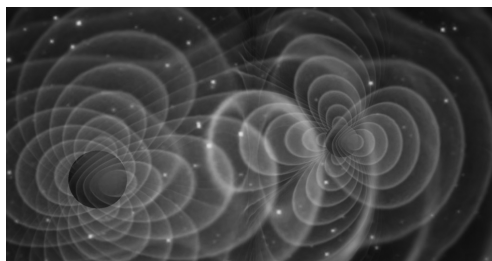
La sonda New Horizons, che ha sfiorato Plutone a Luglio di quest'anno, è già più di 200

milioni di chilometri alle spalle del pianeta nano, ormai in rotta verso la sua seconda destinazione, un piccolo KBO che raggiungerà nel 2019. Tuttavia, la sonda continuerà a esplorare i suoi dintorni e soprattutto a trasmettere i dati raccolti durante l'incontro con Plutone. Con ancora più della metà dei dati custoditi gelosamente a bordo del computer di New Horizons e con la maggior parte di quelli già arrivati ancora da analizzare, l'esplorazione di Plutone continuerà senza sosta per tutto l'anno. La missione primaria di New Horizons terminerà a fine 2016, ma gli scienziati e gli ingegneri del progetto chiederanno alla NASA di estendere la missione per esplorare anche la seconda destinazione.

**Onde gravitazionali, fra rumors e “big dogs”
(Marco Malaspina)
(vedi anche l'ultima notizia di D. Gasparri)**

C'è grande fermento, da qualche mese, nella comunità degli astrofisici che si occupano di onde gravitazionali: tutta colpa di un tweet del settembre scorso, subito ripreso sulle pagine di Nature, nel quale il cosmologo Lawrence Krauss accennava a rumors – voci non confermate, dunque, indiscrezioni ufficiose non meglio attribuite – secondo le quali LIGO, il più grande osservatorio al mondo per le onde gravitazionali, avrebbe captato un segnale. Indiscrezioni, dicevamo, ribadite da un secondo tweet di lunedì scorso, di nuovo dello stesso Krauss e di nuovo non attribuite.

Ora, se davvero LIGO ha intravisto qualcosa, la tensione all'interno della collaborazione dev'essere altissima, ed è comprensibile. Da una parte c'è la pressione mediatica sempre più insistente, con il clima divenuto rovente dopo quest'ultimo tweet. Dall'altra c'è l'incubo dell'abbaglio, temutissimo sempre, ma se possibile ancor di più dopo le recenti figuracce internazionali con i neu-



Simulazione 3D di onda gravitazionale prodotta da due buchi neri orbitanti.

trini superluminali di Opera e dell'impronta di onde gravitazionali – in quel caso, addirittura primordiali – nei dati di Bicep2. Ma rispetto alla già complicata situazione di tutti gli altri esperimenti al limite delle possibilità tecnologiche, i ricercatori della collaborazione LIGO/Virgo hanno un precedente in più con il quale fare i conti: Big Dog. Più precisamente, l'eventualità che – se davvero le voci di corridoio fossero confermate e dunque l'interferometro avesse captato un segnale – a generarlo non sia stato uno scontro fra buchi neri o qualche altro evento di portata cosmica, bensì una cosiddetta blind injection.

«Le blind injections sono dei segnali che riproducono i segnali gravitazionali che noi ci attendiamo, e che vengono inseriti, all'insaputa di tutti (da cui appunto blind), nelle osservazioni», spiega a Media INAF Marica Branchesi, ricercatrice all'Università di Urbino, associata INAF e membro della collaborazione LIGO/Virgo. «È una procedura che è già stata utilizzata in passato, in una circostanza poi ribattezzata “Big Dog” [ndr: dal nome della costellazione nella quale avrebbe avuto origine la “finta onda”, quella del Canis Major]. Nel 2010 fu inserito nei dati di LIGO e di Virgo un evento che riproduceva il segnale di una coalescenza di una stella di neutroni e di un buco nero. Nessuno se ne accorse, e per un po' di

mesi la collaborazione ci lavorò sopra: sono state fatte le analisi, le interpretazioni ed è stato scritto addirittura un paper. E solo alla fine di questo duro lavoro è stata rivelata l'identità – falsa – dell'evento».

Insomma, una verifica rigorosa al limite del masochismo, come potrebbe essere una prova delle procedure antincendio che ci facesse restare in pigiama, al gelo e sotto la pioggia, per un'intera notte – anzi, per parecchi mesi. Non ci fu un'insurrezione, fra le ricercatrici e i ricercatori della collaborazione? «No, perché siamo consapevoli che si tratta d'una procedura estremamente utile, soprattutto nel nostro caso: permette di testare procedure di analisi dati estremamente complicate. Poi non dimentichiamo che si parla di rilevazione diretta di onde gravitazionali: qualcosa di davvero importante, che confermerebbe dopo cento anni le predizioni di Einstein e aprirebbe un nuovo modo d'osservare l'universo. Quindi bisogna essere certi di avere rivelato veramente un'onda gravitazionale. Queste procedure servono proprio a questo. E devo dire che anche il mondo astronomico lo ha capito», garantisce Branchesi.

Già, perché a essere investiti dalle conseguenze di un'eventuale blind injection non sarebbero solo i fisici di LIGO-Virgo ma anche i tanti astronomi della collaborazione, fra i quali molti dell'INAF. «Nell'aprile del 2014, INAF ha firmato un accordo grazie al quale, quando un possibile segnale gravitazionale viene rivelato dagli interferometri di LIGO e Virgo, i ricercatori di INAF vengono avvisati e hanno accesso ai dati sulla stima della posizione in cielo da cui proviene l'eventuale onda gravitazionale. Su questa base si è avviato il progetto INAF Gravitational Wave Astronomy with the first detections of adLIGO and adVIRGO experiments», ricorda il principal investigator del progetto stesso, Enzo Brocato, dell'INAF

Osservatorio Astronomico di Roma.

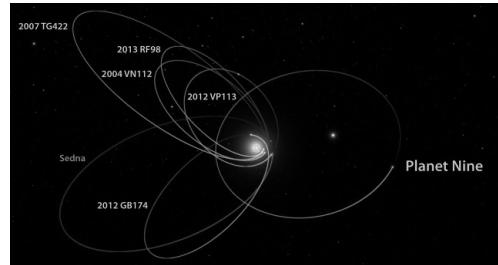
«In caso di "alert" il nostro team INAF», spiega Brocato, «che lavora H24 (ed è composto da ricercatori di Napoli, Roma, Pisa, Urbino, Bologna, Padova e Milano), è in grado di recepire l'informazione e attivare le osservazioni ai telescopi, primo fra tutti il VST, che è in grado di ottenere rapidamente immagini profonde e dettagliate su un campo di 1 grado quadrato. Nel caso in cui questo telescopio, o altri di gruppi con cui collaboriamo, individuino degli oggetti (non noti) che abbiano variato la loro luminosità in modo significativo nelle ultime ore/giorni, siamo pronti ad attivare i telescopi della classe 4/8 metri e ottenere gli spettri per caratterizzarne la natura ed eliminare i tanti 'falsi' candidati che ci si aspetta di trovare in un'area di cielo così vasta. Nel caso venisse identificato un candidato importante, si seguirebbe la sua evoluzione in tutte le bande elettromagnetiche, per ricavare tutti i dati possibili per studiare la fisica dell'evento combinando le misure gravitazionali ed elettromagnetiche».

Ma anche questo imponente dispiegamento di forze, rapidissimo e su scala globale, potrebbe venire innescato da una blind injection? Ebbene sì, conferma Brocato: «Naturalmente, nel siglare l'accordo con la collaborazione LIGO/Virgo se ne accettano le condizioni. Dunque, anche quella della blind injection, che garantisce l'efficienza e l'affidabilità dell'apparato sperimentale e dei relativi canali di analisi dati. Questa procedura non dovrebbe sorprendere», osserva Brocato, «perché è utilizzata in diversi settori scientifici. Nel nostro caso, l'attivazione degli alerts avviene nel giro di poche ore dall'eventuale rivelazione dell'onda gravitazionale e dunque, come i colleghi di LIGO/Virgo, tutta la comunità internazionale degli astrofisici che ha siglato l'accordo non può sapere se si tratta o meno di una blind injection».

Scoperto un nuovo pianeta nel Sistema Solare? Non proprio. (Daniele Gasparri)

Ha fatto rapidamente il giro del web e come al solito alcuni siti, anche importanti (per fortuna pochi), hanno cavalcato con grande entusiasmo la notizia appena diffusa ma l'hanno fatto, come solito, nel modo (o con tono) sbagliato. La notizia riportata da alcune parti (evito di fare nomi) è la seguente: è stato scoperto un nuovo pianeta nel Sistema Solare, molto distante e almeno 10 volte più massiccio della Terra, in pratica una via di mezzo tra il nostro pianeta e il gigante gassoso Nettuno. Detto in questi termini, però, l'annuncio trionfalistico è falso: non è stato scoperto nessun pianeta di questo tipo nel nostro Sistema Solare e con piacere noto che questa volta la gran parte dei mass media, soprattutto online, ha riportato la notizia in modo corretto. La notizia in realtà è ben diversa da quanto è stato in più luoghi raccontato. Come faccio a saperlo? Sono il solito disfattista? Nient'affatto. Quando si viene raggiunti da un annuncio scientifico, a maggior ragione se sembra incredibile, occorre sempre fare un minimo lavoro di ricerca e risalire alla fonte primaria. La cosa positiva è che tutte le scoperte scientifiche vengono pubblicate, con calcoli/osservazioni/dimostrazioni convincenti su riviste specializzate che passano al setaccio l'articolo prima che venga pubblicato per vedere se contiene errori, inesattezze o veri e propri strafalcioni. In pratica, questo evita la pubblicazione di bufale, il ché, nell'anarchia informativa di internet, è una bellissima cosa.

Nel nostro caso, la fonte primaria è un interessante articolo di Batygin e Brown, del Caltech (California Institute of Technology) pubblicato sull'*Astronomical Journal*. Bene, su questo sito: <http://iopscience.iop.org/article/10.3847/0004-6256/151/2/22/pdf>. Ora che abbiamo a disposi-



In viola sono indicate le orbite anomale dei sei oggetti della Fascia di Kuiper analizzate nello studio, mentre in giallo è indicata quella che sarebbe l'orbita del "nono pianeta" in grado di far "tornare i conti".

zione la fonte a cui si riferiscono tutte le notizie lette e sentite possiamo spendere mezz'ora del nostro tempo e leggere le 12 pagine per capire di cosa veramente si parla. Se vi fidate del sottoscritto vi faccio un piccolo e semplificato riassunto, così vi risparmio del tempo e un mal di testa assicurato nel cercare di decifrare quanto detto dai ricercatori; alla fine è proprio questo il ruolo di un divulgatore.

Bene, iniziamo dalla conclusione, poi risaliremo la china: non è stato scoperto alcun nuovo pianeta. Lo studio dei due ricercatori è meramente teorico; non è stato fisicamente osservato alcun nuovo pianeta. Sebbene quindi l'approccio sia puramente fisico-matematico, è comunque interessante e insieme possiamo cercare di capire meglio la situazione.

Negli ultimi anni si sono continuati a scoprire nuovi corpi celesti remoti. Molti di questi fanno parte della grande famiglia chiamata fascia di Kuiper (detti KBO, Kuiper Belt Objects): un serbatoio di oggetti ghiacciati, delle vere e proprie potenziali comete giganti, il cui capostipite è Plutone. Altri corpi celesti sono ancora più interessanti perché sembrano essere un collegamento

tra la fascia di Kuiper e il gigantesco alone che circonda tutto il Sistema Solare, fino a oltre un anno luce di distanza, chiamato nube di Oort. Il capostipite di questi oggetti è Sedna, un corpo celeste alquanto misterioso che ha un'orbita molto allungata che lo porta fino a quasi 146 miliardi di km dal Sole. Il numero crescente di corpi celesti, in particolare di nuovi KBO, ha permesso ai ricercatori del Caltech di cominciare a fare uno studio statistico approfondito sulle loro proprietà orbitali. In pratica hanno tracciato le orbite di tutti questi corpi celesti e hanno cercato di capire se ci fosse qualcosa che li accomunasse. Con un po' di sorpresa hanno scoperto che i corpi della fascia di Kuiper finora conosciuti tendono ad avere un'orientazione delle orbite concentrata attorno ad alcuni valori particolari. Poiché la fascia di Kuiper si pensa essere costituita da milioni di corpi celesti che possiedono orbite differenti e che non dovrebbero avere alcun collegamento le une alle altre, il fatto che invece queste sembrano avere delle proprietà comuni ha fatto venire più di un sospetto. Inoltre, Batygin e Brown hanno scoperto (e dimostrato) che non solo questi corpi celesti hanno orbite con orientazioni simili ma non sono neanche disposti in modo uniforme nello spazio, preferendo raggrupparsi in determinate regioni.

Insomma, i KBO, come gli esseri umani, preferiscono stare in gruppi. Se per noi è una cosa normale, per degli oggetti grandi decine o centinaia di chilometri, non dotati di cervello, non è scontato, anzi. Calcoli alla mano, infatti, la probabilità che questi corpi celesti abbiano assunto in modo casuale questa disposizione orbitale è dello 0.007%. Esagerando un po', in pratica è come mischiare un mazzo di 52 carte e sperare che casualmente queste si dispongano tutte in fila: difficile, molto difficile. Se quindi dovessimo trovare un mazzo in cui tutte le carte fossero

messe in ordine crescente e divise per semi, cosa ci verrebbe da pensare? Che non c'entra il caso: qualcuno le ha ordinate di proposito. A una conclusione del genere sono arrivati i due ricercatori del Caltech: qualcosa, molto probabilmente, ha ordinato le orbite altrimenti disordinate degli oggetti della fascia di Kuiper. Bene, chi è stato a mettere ordine in questa remota stanza del Sistema Solare e a mantenerlo per miliardi di anni? Dopo complesse simulazioni al computer, Batygin e Brown sono arrivati a una possibile soluzione. Se si inserisce nel Sistema Solare esterno un pianeta 10 volte più massiccio della Terra e lo si colloca nella giusta orbita, questo può svolgere la mansione che mia madre, per 19 lunghi anni, ha sperato io facessi con la mia stanza. Da qui la previsione, del tutto teorica, che nella periferia del Sistema Solare potrebbe trovarsi un altro pianeta, che è sfuggito a tutte le osservazioni fatte fino a questo momento. Tra tutti gli scenari esplorati, questo sembra essere quello che, sulla base delle attuali conoscenze delle periferie del Sistema Solare, appare più probabile.

Come potete vedere, la scoperta trionfale con cui è stato annunciato il nuovo corpo celeste si è ridimensionata, anche se lo studio effettuato è molto intrigante e non fa che confermare le sensazioni di molti planetologi. Il nuovo pianeta spiegherebbe in modo naturale il flusso di nuove comete dalla nube di Oort, il comportamento bizzarro delle orbite di Sedna e della famiglia che si porta appresso e anche la presenza di alcuni oggetti della fascia di Kuiper con orbite fortemente inclinate. Insomma, mettendo ad hoc un pianeta con queste caratteristiche per giustificare l'allineamento orbitale degli oggetti della fascia di Kuiper, molte delle anomalie presenti e passate dei corpi celesti remoti si spiegherebbero in modo relativamente semplice.

Naturalmente, tra l'ipotizzare qualcosa che

riesce a spiegare delle anomalie di un gruppo di oggetti che conosciamo a malapena (e a cui mancano ancora migliaia, se non milioni, di corpi all'appello) e parlare di scoperta c'è di mezzo il metodo scientifico, ovvero l'osservazione di questo fantomatico pianeta. Sono gli stessi Batygin e Brown a concludere il loro articolo con una chiamata alle armi, come per dire: "Signori, questi sono i nostri calcoli, ora cerchiamo il pianeta e vediamo se c'è o no".

Il pianeta ipotizzato potrebbe essere una superterra, un oggetto che si pensa sia una via di mezzo tra un corpo roccioso e un pianeta gassoso. Di superterre ne conosciamo diverse in altri sistemi stellari ma non abbiamo idea delle loro caratteristiche perché non ne abbiamo a disposizione (a questo punto FORSE) nel Sistema Solare. Un simile oggetto non dovrebbe essere difficile da rivelare con i moderni grandi telescopi date le sue, ipotetiche, generose dimensioni e un'orbita che non dovrebbe essere troppo diversa da altri, remoti KBO (e qui lancio un dubbio che tra poco proverò a spiegare: abbiamo scoperto oggetti di qualche centinaio di km di diametro con un'orbita simile, come ha fatto a sfuggire un pianeta che risulterebbe migliaia di volte più brillante?).

Il grosso problema sarà riconoscerlo tra le milioni di stelle del cielo. Come si fa infatti a distinguere una stella da un pianeta tanto lontano che risulterebbe sempre un punto indistinto? L'unico modo è osservarlo per un intervallo di tempo sufficientemente lungo e rivelare il lento moto attraverso le stelle, segno che si tratta di un corpo celeste molto più vicino che orbita attorno al Sole. Il problema è che questo pianeta, se davvero esistesse, si troverebbe così lontano dal Sole che si muoverebbe molto, molto lentamente nel cielo. La scienza moderna, purtroppo, non ama le osservazioni prolungate nel tempo e senza la

minima garanzia di successo, perché di mezzo ci sono gli esseri umani e la smania di produrre risultati per ottenere (o continuare a mantenere) preziose risorse economiche. L'ipotetico pianeta potrebbe avere un'inclinazione orbitale elevata, quindi disporsi un po' ovunque nel cielo (e il cielo è grande!), oppure, a causa della forte eccentricità orbitale, potrebbe trovarsi nel punto più lontano dal Sole, a centinaia (o migliaia) di miliardi di chilometri dal Sole e risultare molto debole. Resta ancora l'alternativa che il pianeta non è stato trovato fino a questo momento perché semplicemente non c'è.

Qualunque sia la verità, si è riaperto in modo fragoroso un interessante campo della ricerca. Con l'articolo di Batygin e Brown sono sicuro che a molti planetologi verrà la curiosità di approfondire la questione e molti enti di ricerca saranno di certo più propensi ad accettare una campagna osservativa di lunga durata, la cui posta in gioco ora sembra più concreta rispetto a qualche giorno fa.

E' confermato: osservate per la prima volta in modo diretto le onde gravitazionali!
(Daniele Gasparri)

Per mesi si sono rincorsi pettegolezzi incontrollati, degni delle peggiori riviste scandalistiche. Notizie non confermate hanno rimbalzato dall'Italia agli Stati Uniti ma, al contrario del gossip della vita di tutti i giorni, riportavano tutte gli stessi dettagli, nonostante le fonti non si conoscessero. Già questo era un chiaro sintomo che qualcosa di vero poteva esserci, che la scoperta del secolo era davvero stata fatta. Questa ormai è storia vecchia che a nessuno più importa, perché con una conferenza stampa storica, un articolo che guadagnerà presto l'attenzione di tutti i futuri libri di fisica, astrofisica e cosmologia, e

molto probabilmente un meritato Nobel per la fisica assegnato a tempo di record, i ricercatori dell'esperimento americano LIGO hanno confermato la prima, storica rivelazione di un'onda gravitazionale.

Più sfuggenti dei già elusivi neutrini, che per decenni hanno dato indicibili grattacapi a fisici e astrofisici di mezzo mondo; più ricercate della materia oscura perché ipotizzate dal lontano 1916, cento anni fa esatti, da uno scienziato che tutti conosciamo: Albert Einstein, le onde gravitazionali erano diventate il sacro Graal della fisica, guadagnandosi, per la loro sfuggevolezza, persino un'aura di mistico mistero e di tacito scetticismo. Ma Einstein aveva ragione ancora una volta; ora lo possiamo dire con certezza. La mente del grande fisico era almeno 100 anni più avanti della strumentazione che sarebbe stata necessaria per confermare le sue previsioni teoriche ma alla fine, con una determinazione che meriterebbe anch'essa un sostanzioso riconoscimento, ce l'abbiamo fatta. Gli scienziati del team di LIGO, esperimento americano, hanno riportato il rilevamento di onde gravitazionali associate a uno degli eventi più esotici e violenti dell'Universo: la fusione di due buchi neri. Due mostri di 36 e 29 masse solari, legati in un sistema binario sempre più stretto, hanno alla fine deciso di darsi il bacio mortale e fondersi per formare un unico oggetto di 62 masse solari. Distanti circa un miliardo di anni luce, le onde gravitazionali sono state ricevute negli istanti precedenti la fusione, il 14 settembre 2015 alle ore 09:51 tempo universale. Le onde gravitazionali sono state ricevute da entrambi i rivelatori di LIGO, che consistono in due strumenti indipendenti distanziati da 3000 km, uno in Louisiana e l'altro nello stato di Washington. La natura del segnale registrato dagli strumenti sembra essere il tipico eco gravitazionale di un evento di tale violenza. Poco

prima di fondersi, i buchi neri hanno emesso sotto forma di onde gravitazionali un'energia superiore a quella emessa da tutte le stelle dell'Universo. La quantità di energia emessa si può calcolare notando che il buco nero risultante ha una massa inferiore di 3 masse solari alla somma dei singoli buchi neri che l'hanno formato. Secondo la relazione di Einstein $E = mc^2$, la massa mancante si è trasformata in energia. In pochi istanti sono state convertite in onde gravitazionali l'equivalente di tre soli, qualcosa di davvero incredibile. I grafici presentati durante la conferenza stampa mostrano molto bene la tipica forma di onde gravitazionali che precedono gli istanti finali di un sistema molto stretto e massiccio e testimoniano l'ottima confidenza di rivelazione rispetto al rumore di fondo e la perfetta sovrapposizione dei dati provenienti da entrambi gli interferometri. Nel momento in cui due buchi neri sono sul punto di fondersi iniziano ad emettere onde gravitazionali di frequenza sempre maggiore, in un crescendo che si conclude con la loro fusione. Se potessimo sentire queste onde con le nostre orecchie, la situazione sarebbe simile a ciò che possiamo udire quando riempiamo una bottiglia d'acqua. All'inizio il suono è grave (bassa frequenza), poi quando l'acqua sta per arrivare in cima all'improvviso il suono diventa sempre più acuto fino al momento in cui la bottiglia trabocca e non si sente più nulla.

Insomma, questa volta ci siamo. I dati in possesso degli scienziati di LIGO sembrano essere inattaccabili e chiari: le onde gravitazionali sono state rilevate davvero!

Abbiamo ricevuto l'autorizzazione di pubblicare di volta in volta su "Meridiana" una scelta delle attualità astronomiche contenute nel sito italiano "Coelum/news".

Osservazione di esopianeti

Tanya Boila
e Christopher Magnoli

Come sempre siamo nell'impossibilità di riprodurre integralmente il lavoro dei due studenti del Prof. N. Cretton (Liceo Lugano 2) che comprende una sessantina di pagine. Oltre al sommario, ne riassumiamo solo le parti che pensiamo possano interessare i lettori di Meridiana e ce ne scusiamo con gli autori. L'originale, in formato pdf, può essere richiesto alla nostra redazione.

Sommario

Introduzione.....	5
1. Ricerca attuale	6
1.1 Fascia di abitabilità	6
1.2 Il telescopio Kepler.....	7
1.3 Combinazioni particolari.....	9
2. Metodi di osservazione di esopianeti	11
2.1 Rilevazione diretta.....	11
2.2 Spettroscopia Doppler.....	12
2.3 Astrometria	16
2.4 Microlente gravitazionale	18
2.5 Transito	19
3. Telescopio e osservazioni	21
3.1 Coordinate celesti equatoriali.....	21
3.2 Telescopio	22
4. Osservabilità di un transito.....	23
5. Derivazione delle formule.....	24
5.2 Limb darkening.....	30
6. Analisi delle osservazioni di transiti.....	32
6.2 Massa d'aria.....	32
7. Dati	34
7.1 Diario delle osservazioni	34
7.2 HAT-P-12b.....	35
7.3 HAT-P-19b.....	37
7.4 HAT-P-36b.....	39
7.5 WASP-103b.....	41
8. Conclusioni.....	43
Ringraziamenti	44
Appendice 1 Condizioni per la vita evoluta.....	45
Appendice 2 Utilizzo del telescopio di Carona passo per passo.....	46
1. Ricerca dei casi possibili di pianeti osservabili da Carona a una certa data.....	46
2. Conversione della classificazione	47
3. Impostazione del telescopio.....	49
Appendice 3 Lista dei pianeti che rispettano i parametri dell'osservatorio Calina.....	52
Appendice 4 Dimostrazione dell'approssimabilità dell'angolo α e β	54
Appendice 5 Programma Muniwin per l'analisi dei dati	56
Fonti	59
Bibliografia.....	59
Sitografia	60
Immagini.....	60

Introduzione

L'oggetto di questo lavoro è l'osservazione di esopianeti (pianeti che non fanno parte del nostro sistema solare) e il calcolo di alcuni dei parametri fondamentali per caratterizzarli. Il metodo utilizzato per osservare questi pianeti è quello del transito, un metodo di osservazione indiretta. Questo metodo funziona grazie ad un eclissamento parziale della stella quan-

do il pianeta si trova tra quest'ultima e la Terra. Ciò che si misura è quindi una diminuzione di luminosità della stella ospitante. Creando un grafico di luminosità in funzione del tempo si crea una curva caratteristica dei transiti di esopianeti. Tramite questo metodo si è in grado di calcolare il raggio del pianeta, il suo periodo, il parametro d'impatto (b), il semiasse maggiore dell'orbita del pianeta e la sua inclinazione.

La struttura della ricerca è suddivisa

essenzialmente in due parti. Si inizia da una parte teorica per arrivare ad un'analisi pratica, in modo tale da passare dal generale al puntuale.

Nel primo capitolo viene spiegato il concetto importante per gli esopianeti di "fascia di abitabilità" e viene poi presentato il progetto Kepler (NASA) che ha come uno dei suoi obiettivi quello di trovare pianeti all'interno di questa fascia. Nello stesso capitolo vengono presentati anche dei casi di combinazioni particolari di più esopianeti. Nel secondo capitolo vengono invece presentati i principali metodi di osservazione di esopianeti che sono: rilevazione diretta, spettroscopia Doppler, astrometria, microlente gravitazionale e transito. Il terzo capitolo è invece dedicato al telescopio utilizzato da noi per effettuare le osservazioni (telescopio Newton) ed alle coordinate celesti. Nel quarto capitolo vengono presentati i principali fattori (generalmente e personali) che bisogna tenere in considerazione quando si vuole effettuare la misurazione di un transito (es. limiti dovuti al luogo, al telescopio,...). Il quinto capitolo è dedicato alla derivazione e spiegazione delle equazioni che verranno utilizzate poi nel capitolo 7 per trovare alcuni parametri del pianeta (raggio e orbita del pianeta, parametro d'impatto (b), semiasse maggiore e inclinazione dell'orbita). Nel capitolo 6 viene invece trattato il problema dell'errore sui dati e della massa d'aria. Per concludere nel settimo capitolo vengono fatte le analisi dei dati di 4 pianeti (HAT-P-12b, HAT-P-19b, HAT-P-36b e Wasp-103b).

1.1 Fascia di abitabilità

La fascia di abitabilità, chiamata anche zona abitabile, è una zona che deriva dalla combinazione di alcuni componenti indispen-

sabili alla vita. La stella deve trovarsi circa tra i 7 e i 9 kpc (kiloparsec) dal centro galattico, poiché in questa zona della galassia le stelle hanno un'età compresa tra i 4 e gli 8 miliardi di anni, periodo nel quale vi è la formazione di stelle con l'idonea metallicità per la creazione di pianeti rocciosi nella nostra galassia.

La zona abitabile è definita dalla presenza di acqua liquida, ciononostante il calcolo preciso di questa zona è complesso. La posizione dipende dalla natura dell'atmosfera del pianeta, come la percentuale di nuvolosità del pianeta che può aumentare l'albedo ("bianchezza", radiazione incidente che viene riflessa in tutte le direzioni) e come l'effetto serra, la temperatura della superficie di un pianeta e l'energia prodotta dalla stella.

L'energia che arriva dalla stella, è proporzionale alla grandezza di essa e alla distanza che si trova dal pianeta, mentre la temperatura superficiale del pianeta è un insieme di cause come, principalmente: il clima, il calore geocentrico e l'eccentricità dell'orbita.

In poche parole il pianeta si deve trovare ad una distanza tale che la temperatura percepita sulla superficie non sia troppo elevata oppure troppo bassa (confronta fig.1.1). Ciononostante questo pianeta deve rispettare anche altri parametri per far sì che sia abitabile (vedi appendice 1, Callejas et al., 2014).

1.2 Il telescopio Kepler (missione NASA)

Lo scopo di questa missione è quella di esplorare la struttura e la varietà dei sistemi planetari e di misurarne grandezza dell'orbita, massa, raggio e densità. Viene soprattutto cercata la percentuale di pianeti nella zona abitabile, dove è possibile trovare acqua liquida e

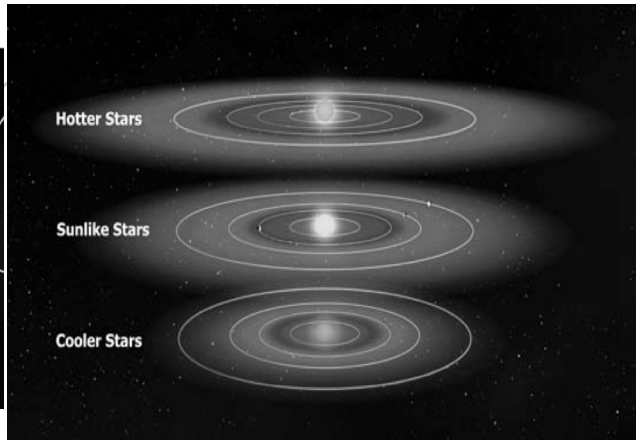
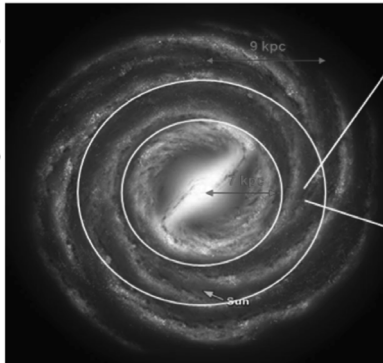
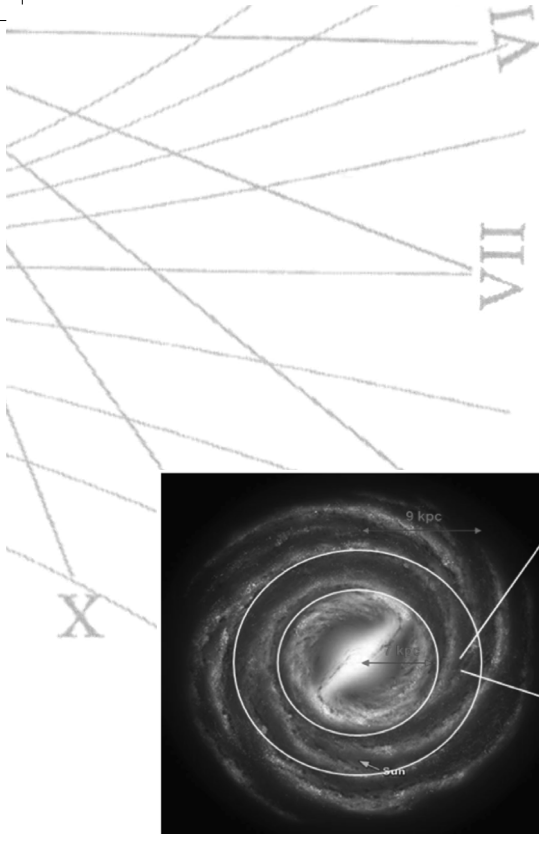


Fig.1.1 A sinistra la zona galattica abitabile nella nostra galassia (le due circonferenze sono i limiti della zona). A destra la zona abitabile in un sistema solare con tre tipologie di stelle differenti.

dunque la vita. Considerando che uno degli scopi della missione è quello di trovare pianeti nella zona abitabile che ruotano attorno a stelle come il Sole, il tempo fra due transiti di questi pianeti è simile a quello della Terra. Per certificare la presenza di un pianeta e calcolarne i parametri necessitano almeno quattro transiti. Per questo motivo, la durata minima della missione è di tre anni e mezzo. Se la missione Kepler continuasse più a lungo sarebbe in grado di trovare pianeti più piccoli e più distanti in confronto alla Terra. Il telescopio Kepler è un telescopio con un diametro di 0,95 m. Ha un enorme campo visivo (105 gradi quadrati) rispetto agli altri telescopi astronomici che possiedono in media un campo visivo di meno di un grado quadrato. Questa area è comparabile all'area di un pugno con il braccio teso puntato verso il cielo. Kepler necessita un campo visivo molto grande per poter misurare continuamente e contemporaneamente la luminosità

di più di 100'000 stelle (le stelle nel campo visivo sono più di 500'000 ma solo 100'000 sono utili a Kepler).

Siccome i transiti di pianeti possono durare anche solo poche ore, il telescopio deve monitorare continuamente tutte le stelle. Per questo Kepler non orbita intorno alla Terra ma intorno al Sole, con un'orbita molto simile a quella della Terra.

La missione spaziale Kepler il 23 luglio 2015 ha confermato il primo pianeta di dimensione simile alla Terra e nella zona abitabile, tramite il metodo del transito primario (Quintana et al., 2014).

Paul Hertz, direttore della divisione di astrofisica della NASA, disse riguardo a questa scoperta: "La scoperta di Kepler-186f è un passo significativo nella scoperta di pianeti come il nostro pianeta Terra", continuando dicendo che si proseguirà nella ricerca, cercando di determinare anche la composizione

atmosferica, il tutto per trovare il pianeta più simile alla Terra.

Kepler-186 si trova a circa 500 anni luce da noi, nella costellazione del Cigno. In questo sistema vi sono altri 4 pianeti, la stella è classificata come nana rossa (come circa il 70 % delle stelle della nostra galassia).

2.5 Transitò

Il metodo del transitò, utilizzato per determinare la presenza di esopianeti (adoperato anche in questa nostra ricerca) non si basa sull'oscillazione della stella come nelle due tecniche spiegate in precedenza (capitolo 2) bensì sulla luminosità apparante ricevuta. Quando un pianeta transita davanti alla sua stella provoca un calo apparante della lumino-

sità della stella (fig. 2.12). Questo metodo prevede di analizzare i vari parametri relativi alla stella e alla sua orbita utilizzando dati ricavati dalla luminosità.

2.5.2 Vantaggi e svantaggi

Questo metodo permette di ottenere il raggio del pianeta, studiare l'atmosfera planetaria e misurare la temperatura del pianeta. Questo metodo presenta anche due grossi svantaggi, 1) il sistema deve essere quasi perfettamente allineato con la linea di vista dell'osservatore, 2) il transitò deve essere confermato da un altro metodo (generalmente con il metodo della velocità radiale) poiché vi è il rischio di false rilevazioni.

CHEOPS (CHAracterizing ExOPlanet

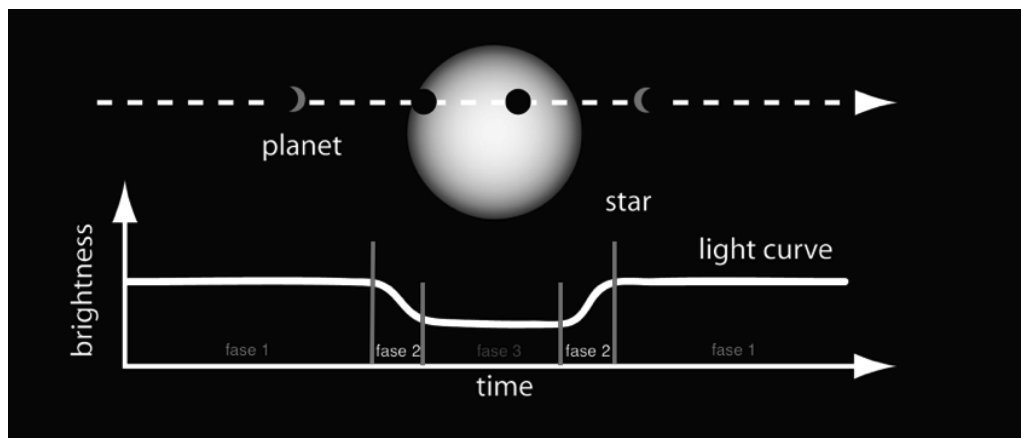


Fig.2.12 Rappresentazione grafica della tecnica del transitò, come si può notare nella figura, la luminosità della stella ha tre fasi ben distinte di luminosità. La prima fase nella quale la luminosità apparante della stella è maggiore e indica che non vi è un transitò. La seconda che è la diminuzione/aumento della luminosità ed è la fase in cui il pianeta inizia o finisce di sovrapporsi alla stella. La terza fase nella quale il pianeta si trova completamente davanti alla stella e che causa il periodo di luminosità apparante minore della stella.

Satellite) sarà la prima missione dedicata alla ricerca di transiti, utilizzando strumenti tali da poter avere un'ottima precisione fotometrica di stelle che ospitano pianeti (già note). Grazie alla capacità di osservare quasi qualsiasi punto del cielo, potrà fornire un'accurata determinazione dei raggi planetari, dei quali si conosce già la massa.

I principali obiettivi della missione sono quelli di studiare la struttura degli esopianeti con raggio compreso da 1 a 6 volte quello della Terra. Sulla base delle informazioni ottenute (massa, raggio) si vorrebbero fissare nuovi vincoli per quanto concerne la struttura, la formazione e l'evoluzione dei pianeti in questo intervallo di massa. In particolare CHEOPS vorrebbe:

- Determinare la relazione tra massa e raggio.
- Sondare l'atmosfera dei pianeti gioviani caldi, studiando i meccanismi fisici e l'efficienza del trasporto dell'energia dal lato diurno e quello notturno.
- Fornire obiettivi univoci per le future ricerche spettroscopiche (con telescopi come: ELT o ECHO e JWST).
- Offrire il 10% del tempo di apertura alla comunità scientifica.
- Identificare pianeti con atmosfere significative in funzione della relativa massa, distanza della stella e parametri stellari.
- Trovare se vi sono luoghi vincolanti nei percorsi di migrazione dei pianeti.

3.2 Telescopio

Il telescopio utilizzato per effettuare le osservazioni all'osservatorio di Carona ha una configurazione ottica Newton. Si tratta dunque di un telescopio riflettore. La luce entra ante-

riormente e viene riflessa da un primo specchio concavo chiamato "specchio primario". Viene poi riflessa dallo specchio secondario piano che la riflette verso l'oculare. Il sensore che registra l'immagine si trova al posto dell'oculare.

Il diametro del telescopio (apertura) è di 305mm, mentre la focale è di 1500 mm. Dunque il rapporto fra la focale e il diametro (rapporto focale) è 5. Si tratta di un telescopio che, utilizzando lo stesso tempo di esposizione, grazie al rapporto focale basso è in grado di raccogliere più luce rispetto ad un telescopio con un rapporto focale alto ($f/10$, $f/12$;...) e quindi necessita di tempi di esposizione più brevi. L'asse su cui ruota il telescopio è puntato a nord ed è parallelo all'asse terrestre. L'inclinazione dell'asse equivale alla latitudine del luogo in cui ci si trova (nel caso specifico ha un'inclinazione di 46°). Questo modo di montare il telescopio è molto utile per l'inseguimento dell'oggetto osservato nel corso della notte: una volta puntato l'oggetto, la declinazione non viene più modificata e dunque l'oggetto viene seguito solo modificando l'ascensione retta. L'unico movimento che deve effettuare il telescopio è una rotazione attorno all'asse.

4. Osservabilità di un transito

Limiti dovuti all'orbita

Per essere osservato dalla Terra il pianeta deve avere un'orbita allineata con la nostra linea di vista (fig.4.1), in modo da eclissare la stella. Se, rispetto alla Terra, il pianeta ha un'orbita perpendicolare alla linea di vista (fig.4.2) esso non eclissa la stella e dunque non può venir osservato dalla Terra.

La probabilità di un pianeta di avere un'orbita osservabile dalla Terra è pari al rapporto tra il diametro della stella e il diametro dell'orbita. Per pianeti come la Terra che orbitano attorno a stelle come il Sole questo valore è pari a 0,5%.

Limiti dovuti all'atmosfera terrestre

L'atmosfera è un grande problema per l'osservazione di esopianeti con il metodo del transito. Infatti la differenza di luminosità della stella durante un transito è difficilmente osservabile. In più, l'atmosfera assorbe molta della luminosità e perciò la misura è ancora più difficile ed è impossibile l'osservazione di pianeti piccoli o di stelle poco luminose. Per questo sono state create missioni come la missione Kepler, che utilizzano telescopi spaziali per cercare esopianeti.

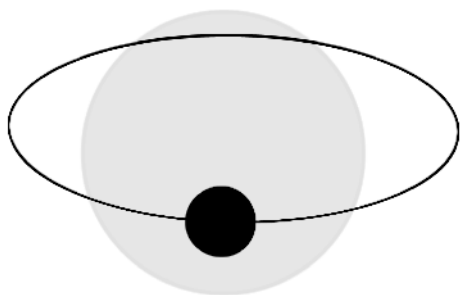


Fig.4.1 Orbita orizzontale osservabile



Limiti dovuti al telescopio

Abbiamo utilizzato il telescopio dell'osservatorio Calina di Carona per le nostre osservazioni. Questo telescopio è in grado di individuare transiti solo in alcune condizioni. La luminosità della stella deve essere minore o uguale a 14 mag e la differenza di luminosità durante il transito deve essere maggiore o uguale a 15 millimagnitudine (mmag). Transiti con differenze minori non sono visualizzabili con la caratteristica curva, perché la diffusione dei punti dovuta all'imprecisione dell'osservazione sarebbe uguale o superiore alla profondità del transito. Questi parametri hanno permesso di creare una lista di pianeti osservabili dall'osservatorio di Carona. Sono stati ad esempio eliminati dalla lista degli esopianeti tutti i pianeti scoperti dal telescopio spaziale Kepler, perché non osservabili.

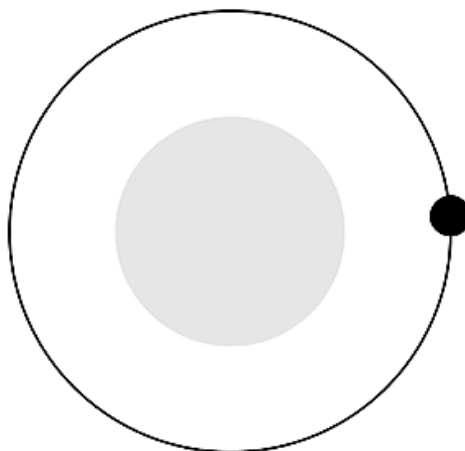


Fig.4.2 Orbita verticale non osservabile

Limiti dovuti alle condizioni atmosferiche

Osservando dalla Terra occorre tenere in considerazione le condizioni atmosferiche prima di iniziare la rilevazione. Infatti per poter esaminare le diminuzioni di luminosità così piccole, il cielo non deve essere coperto da nessuna nuvola, che altererebbe completamente i valori misurati.

Bisogna perciò informarsi sulle condizioni meteorologiche durante tutto l'arco della notte, in più bisogna tenere in considerazione fattori come il vento, che rendono le condizioni meteorologiche più instabili.

Limiti dovuti al luogo

Per osservare il transito di un esopianeta bisogna anche tenere conto del paesaggio che circonda l'osservatorio. Bisogna infatti fare attenzione ad eventuali oggetti (ad es. alberi, case, montagne,...) che potrebbero coprire il transito e dunque rendere impossibile l'osservazione. Nel caso dell'osservatorio Calina di Carona ci si trova in un ambiente montagnoso, dunque occorre fare attenzione che il transito non sia nascosto da una delle montagne. In più vi è un grande pino molto vicino all'osservatorio che copre una parte di cielo ed è capitato durante le nostre osservazioni che la stella osservata venisse coperta.

Limiti dovuti alla tempistica

Un altro parametro che bisogna tenere in considerazione è la durata del transito e quando quest'ultimo si verifica nell'arco della notte. Infatti transiti che durano più di una notte non sono osservabili, in quanto si possono racco-

gliere dati solo durante la notte e quindi non si riuscirebbe ad analizzare il passaggio del pianeta per intero. Per lo stesso motivo bisogna anche controllare che questo inizi e finisca durante la notte.

6. Analisi delle osservazioni di transiti

Per analizzare i dati osservati dei transiti abbiamo usato il programma Muniwin.

Una volta immessi i dati si possono ricavare il tempo totale del transito (T_T), il tempo del transito quando il pianeta è completamente nel perimetro della stella (T_I), la magnitudine della stella prima del transito e la magnitudine durante il transito.

Dovuto alla presenza di errori casuali di misure, la distribuzione dei dati osservati segue una distribuzione di Gauss.

6.2 Massa d'aria

In astronomia è importante riuscire a determinare la massa d'aria che viene attraversata dalla luce proveniente dagli oggetti luminosi della sfera celeste. L'atmosfera tende ad assorbire e quindi a bloccare i fotoni che ci arrivano da un corpo celeste, facendo così diminuire la luminosità di questo. Come si può ben capire, questo è un problema se si vogliono misurazioni astronomiche precise poiché maggiore è la massa d'aria attraversata maggiore è il calo di luminosità.

Malgrado la rilevanza della massa d'aria in ambito astronomico, essa non risulta nociva nella riuscita di questo lavoro. I dati da noi utilizzati sono delle differenze di magnitudine tra la stella analizzata e la stella di confronto, i delta non sono influenzati dalla massa d'aria poiché la stella che ospita il pianeta e la stella

di confronto si trovano estremamente vicine. Questa vicinanza provoca un identico (o quanto meno irrilevante) assorbimento di fotoni da parte dell'atmosfera.

7. Dati

7.1 Diario delle osservazioni

Il diario delle osservazioni che segue mostra tutte le osservazioni che sono state fatte. Sia quelle che sono riuscite, sia quelle che a causa di uno dei problemi sopracitati non sono andate a buon fine.

Esempio di analisi dell'osservazione dell'esopianeta HAT-P-12b eseguita da noi

all'osservatorio Calina di Carona

HAT-P-12b è il pianeta che orbita attorno a HAT-P-12, la quale si trova a $142,5 \pm 3,3$ pc da noi. La stella ha una magnitudine apparente di 12,84 mag e un età di $2,5 \pm 2,0$ Gy.

HAT-P-12b è stato scoperto il 5 novembre 2009 (Hartman et al., 2009), Hartman e il suo team analizzò il pianeta con W.M.Keck Observatory, determinato tramite transito primario e confermato il 21 maggio 2014.

I risultati ottenuti dalle osservazioni hanno confermato i dati ricavati da osservazio-

	Diario delle osservazioni	Esito
Lunedì 20.04.2015	Prima osservazione guidata da Francesco Fumagalli, HATS-1b	Positivo
Martedì 21.04.2015	Seconda osservazione. Tentativo vano a causa di un albero che si trovava nella traiettoria d'osservazione del telescopio	Negativo
Mercoledì 22.04.2015	Osservazione in remoto di HAT-P36b	Positivo
Domenica 10.05.2015	Prima osservazione effettuata da noi, HAT-P-12b	Molto positivo
Mercoledì 27.05.2015	WASP-103b Difficoltà: profondità del transito al di sotto dei parametri prefissati(12mmag)	Positivo
Venerdì 19.06.2015	Osservazione di WASP-103b	Negativo
Domenica 20.09.2015	Osservazione di QATAR-1b	Positivo
Venerdì 13.11.2015	Osservazione a Saint-Barthélemy, in Val d'Aosta, di HAT-P-19b	Positivo

8. Conclusioni

ni precedenti effettuate da altri gruppi di lavoro e dell'idoneità dell'osservatorio di Carona nell'osservazione di esopianeti e apre ulteriori studi in questo campo, per i pianeti extrasolari HAT-P-12b (Hartman et al., 2009), HAT-P-19b

(Guilochon et al., 2011), HAT-P-36b (Bakos et al., 2012) e WASP-103b (Gillon et al., 2014).

Nelle analisi presentate non è stato applicato il limb darkening, questa approssimazione non implica grandi differenze rispetto ai dati

ufficiali, essi appaiono ragionevoli, come si può osservare nella tabella qui sopra.

I dati ricavati ci permettono di comprendere che pianeti simili a Giove per dimensione si trovano su orbite minori a quelle della Terra,

e questi viaggiano a grandi velocità (dedotte dalla terza legge di Keplero).

HAT-P-12b ha dimensioni pari a 0,98 volte quelle di Giove e percorre la sua orbita, di semiasse maggiore 0,040 AU, in un periodo di

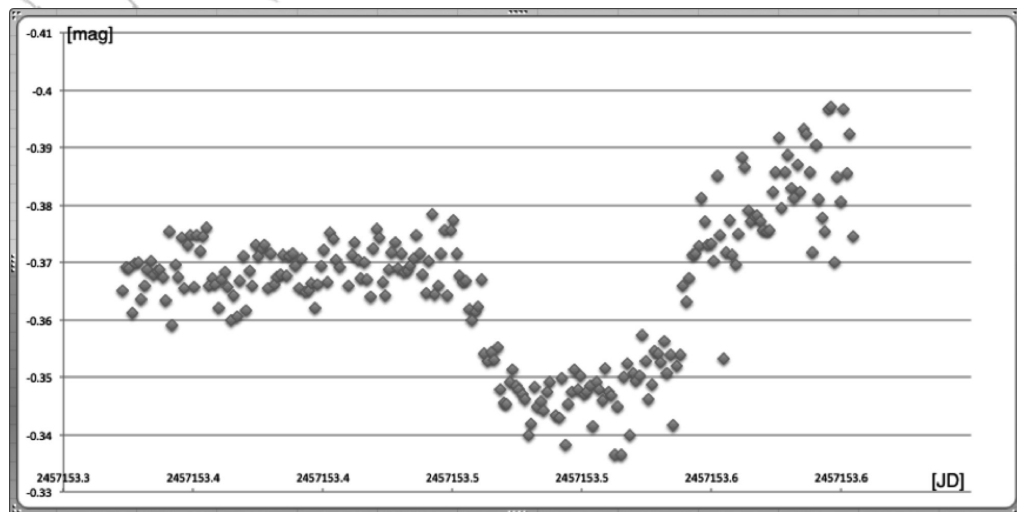


Fig.7.1 Magnitudine apparente della stella HAT-P-12 in funzione del tempo (in giorni giuliani). Si nota il transito dovuto al pianeta HAT-P-12b tra i tempi 2457153,5 e 2457153,6 (Osservatorio di Carona). I dati di questo grafico sono il risultato della differenza di magnitudine tra la stella osservata con transito ed una stella di confronto, per questo le magnitudini possono essere negative.

Parametri derivati dalle nostre osservazioni	
Luminosità apparente della stella	-0,369 mag
Luminosità apparente della stella con transito	-0,347 mag
T_i	8475 sec
T_f	6134 sec
Deviazione standard	0,004 mag
Parametri trovati nell'archivio della NASA	
Massa stellare	$0,733 \pm 0,018$ masse solari
Raggio stellare	$0,701 \pm 0,017$ raggi solari

Parametri orbitali di HAT-P-12b

Parametri	Dati ottenuti all'osservatorio di Carona	Dati della letteratura
Rpianeta	$0,98 \pm 0,19$ raggi di Giove	$0,959 \pm 0,029$ raggi di Giove
P	$3,4 \pm 1,64$ giorni	$3,2130598 \pm 0,0000021$ giorni
a	$0,040 \pm 0,012$ AU	$0,0284 \pm 0,0003$ AU
i	$88,65^\circ \pm 0,45^\circ$	$89,0^\circ \pm 0,4^\circ$
b	$0,29 \pm 0,18$	$0,211 \pm 0,07$

3,4 giorni. Mentre HAT-P-19b ha dimensioni pari a 1,21 volte quelle di Giove e percorre la sua orbita, di semiasse maggiore 0,044 AU, in un periodo di 3,69 giorni. Per quanto riguarda HAT-P-36b ha dimensioni pari a 1,64 volte quelle di Giove e percorre la sua orbita, di semiasse maggiore 0,027 AU, in un periodo di 1,61 giorni. Infine WASP-103b ha dimensioni pari a 1,31 volte quelle di Giove e percorre la sua orbita, di semiasse maggiore 0,016 AU, in un periodo di 0,68 giorni.

Come visto nel capitolo delle combinazioni particolari (capitolo 3) la presenza di pianeti di queste dimensioni in orbite piccole può essere dovuto ad una migrazione di questi. Il motivo per il quale vengono presentati solo pianeti con queste caratteristiche è dovuto alle capacità dei telescopi utilizzati da noi per osservare magnitudini apparenti delle stelle, minori o uguali a 14 mag e dei cali di luminosità dovuti al transito del pianeta, maggiori o uguali a 15 mmag. Inoltre dalla Terra si possono osservare soltanto casi di pianeti con periodi molto corti. Questo perché si può osservare soltanto durante la notte e quindi un transito per essere osservato per intero deve durare meno di una notte.

La dispersione dei punti (specialmente dopo il transito) e la tendenza della magnitudine a diminuire ipotizziamo siano dovute all'as-

sorbimento maggiore dell'atmosfera terrestre oppure fattori ambientali non misurabili con precisione. Per quanto riguarda la dispersione dei punti sul grafico, si presume che le condizioni meteorologiche hanno influito maggiormente sulla luminosità. Mentre la stella scende sull'orizzonte nell'arco della notte, i fotoni incontrano turbolenze atmosferiche più influenti poiché attraversano maggiore quantità d'aria. Lo stesso fenomeno provoca poi una diminuzione della luminosità apparente dell'astro.

Ho parlato con Galileo

Uranio

Caro Galileo tempo fa sono stato a casa tua a Pian dei Giullari su quella collina di Arcetri a te tanto cara. Si proprio nel tuo "Gioiello". Ero allora, nei primi anni ottanta del XX secolo, consigliere della Società Astronomica Italiana (SAIt.) con la presidenza del caro professor Giuseppe Tagliaferri e tenevamo i consigli direttivi della SAIt. proprio al piano terreno del "Gioiello". Sono più volte stato a visitare la loggia al primo piano che guardava verso il tuo bel vigneto, quella loggia che ti vide molto frequentemente a osservare il Cielo con il tuo "cannone", prima che perdesti definitivamente la vista. Chissà che cieli limpidi e bui avevi con le stelle luccicanti e con una splendida Via Lattea, al contrario del mio cielo che è lattiginoso ma in particolar modo sporco dalle luci cittadine e da inquinamenti di ogni genere, non da ultimi dagli innumerevoli aerei che scaricano residui lungo le loro rotte. Ora siamo nel 2016, e sei sicuramente stato riabilitato in tutto e per tutto, dopo tanto combattere, ora forse, tutto il genere umano è finalmente copernicano. Sei lo scienziato più noto in Italia, della quale sei un grande onore. Non c'è toponomastica cittadina che si è dimenticata di te, una via, una piazza o un vicolo, ovunque si chiama Galileo Galilei (1564-1642). Ma sai, Galileo, dopo tutte le vicissitudini che hai passato con le tue scoperte, tu che con il cannocchiale hai iniziato l'esplorazione dell'universo, e non ti puoi rendere conto a che punto di conoscenza è arrivato oggi il genere umano circa l'evoluzione del cosmo e di tutti i suoi oggetti celesti. Dopo i tuoi quattro satelliti medicei, ora Giove ha addirittura più di 60 satelliti, ma la tua scoperta, annunciata nel Sidereus Nuncius, resta impareggiabile, soprattutto per le sue conseguenze filosofico-scientifiche.

Una cosa su di te mi ha lasciato perplesso e quindi scontento, e riguarda le tre comete apparse nel 1618, e da te non osservate. Sono

d'accordo che eri a letto per una grave crisi di artrite, ma quella scoperta il 25 novembre, la C/1618 W1, considerata la più grande cometa mai osservata è stata addirittura visibile di giorno! E tu neppure quest'ultima hai visto, ma una sbirciatina fuori dalla finestra potevi darla, o no! E pensare che un tuo contemporaneo, il danese Cristiano Longomontano (1562-1647), assistente del grande Tycho Brahe, stima questa cometa con una coda di 104°, il 10 dicembre 1618, mentre il 12 il gesuita Orazio Grassi (1583-1654) la stima lunga 60°, quest'ultimo considerava le comete, giustamente, oggetti del cielo. Sì, lo so, Mario Guiducci (1583-1646) ne ha parlato in tua vece, ma noi volevano sapere come mai, indisposizione a parte, tu non l'abbia veramente mai vista. Forse, o senza forse, è perché tu non le ritenevi astri del cielo, ma esalazioni terrestri! Galileo, qui hai preso una cantonata, ma non hai capito che appaiono, si avvicinano, si fanno vedere poi si allontanano e spariscono sull'arco di mesi! Ma, allora, che possono essere? Considerato però tutto quello che hai fatto per la scienza, ti assolvo!

Ora sulla collina di Arcetri dal 1872 c'è un Osservatorio Astronomico ed il Sole, che tu proiettavi su di un foglio, si osserva dal 1925 con la Torre Solare. Questa breve chiacchierata con te mi fa ricordare il tuo genio e che tu sei riuscito anche a godere di tutti i piaceri della vita. Sei e sarai sempre un mito!

Con l'occhio all'oculare...

Specola Solare

È ubicata a Locarno-Monti, vicino a MeteoSvizzera ed è raggiungibile in automobile (posteggi presso l'osservatorio).

Il CAL (Centro Astronomico Locarnese) comunica il prossimo appuntamento:

venerdì 15 aprile 2016 (dalle 20h30)

osservazioni di Luna e Giove

Dato il numero ridotto di persone ospitabili, si accettano solo i primi 14 iscritti in ordine cronologico. Le prenotazioni vengono aperte una settimana prima dell'appuntamento. Ci si può prenotare tramite Internet sull'apposita pagina (<http://www.irsol.ch/cal>).

Astrocalina di Carona

L'osservatorio (via Nav 17) sarà a vostra disposizione **ogni primo venerdì del mese**, a partire dal **4 marzo**, per ammirare gli innumerevoli oggetti celesti che transiteranno di volta in volta. E inoltre

sabato 16 aprile e sabato 14 maggio per ammirare la Luna vicina al Primo Quarto e altre curiosità celesti

(a partire dalle 20h30 e dalle 21h00)

Per il transito di Mercurio sul Sole, **lunedì 9 maggio è previsto un pomeriggio (dalle 13h00 alle 21h00).**

Responsabile: Fausto Delucchi (tel. 079 389 19 11) fausto.delucchi@bluewin.ch

Gruppo Pleiadi

È entrata in funzione la remotizzazione/robotizzazione del telescopio sul Monte Lema. Per le condizioni di osservazione e le prenotazioni contattare il nuovo sito :

<http://www.lepleiadi.ch/sitounuovo/>

Programma osservativo pubblico:

24 marzo (dalle 20h00): Gravesano (piazza-
le dietro la Casa Comunale), Giove, occultazione di Io (20.35-23.14)

28 aprile (dalle 21h00): Gravesano, Luna al Terzo Quarto, Giove e satelliti, Marte

29 aprile (dalle 21h00): Gravesano, seconda serata in caso di cattivo tempo la sera prima.

9 maggio (dalle 13h12 alle 20h42) Monte Lema o Gravesano: transito di Mercurio
27 maggio (dalle 21h30): Gravesano, Giove e Marte vicino all'opposizione.

Si tengono inoltre degli incontri informali in sede (Gravesano) i seguenti giovedì (a partire dalle 20h00):

24 marzo, 28 aprile, 26 maggio

Altri eventi, come conferenze o trasferte, saranno comunicati di volta in volta dalla stampa e sul sito delle Pleiadi (v.sopra)

Monte Generoso

Il Gruppo Insubrico d'Astronomia del Monte Generoso (GIAMG) comunica che, a causa dei lavori di costruzione dell'albergo in vetta e dell'interruzione della ferrovia, per tutto il 2015 è sospesa l'attività osservativa. **Probabile ripresa entro fine 2016.**

Effemeridi da marzo a maggio 2016

Visibilità dei pianeti

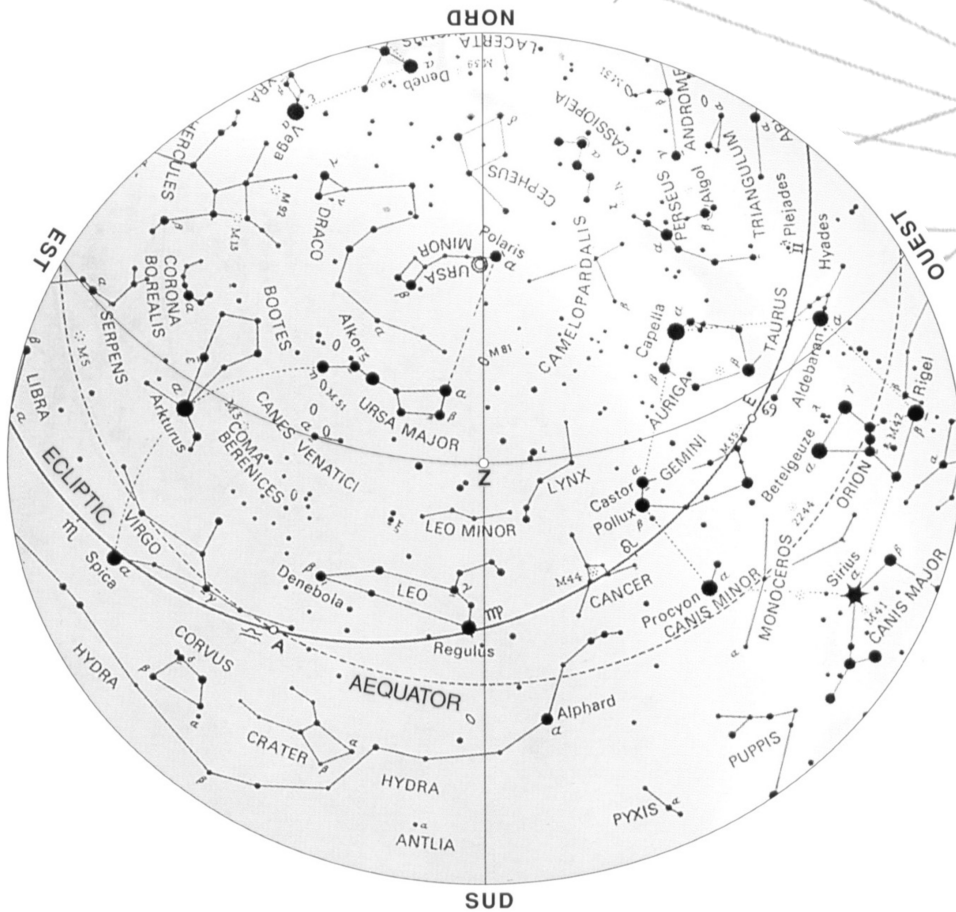
- MERCURIO** in congiunzione eliaca il 23 marzo, rimane **visibile** nella prima settimana del mese, sparisce quindi fino alla prima settimana di aprile quando riappare alla sera e rimane **visibile** fino alla fine del mese. In maggio **invisibile** con **transito davanti al disco solare il 9 maggio**.
- VENERE** in marzo è **visibile** al mattino, basso verso oriente, sorgendo mezz'ora prima del Sole (mag. -4.0). **Invisibile** in aprile e maggio. Venere viene occultata dalla Luna il 6 aprile.
- MARTE** è **visibile** nella seconda parte della notte in marzo e aprile, per tutto il mese in maggio, quando è in opposizione il giorno 22 (mag. -2) nella costellazione della Bilancia.
- GIOVE** è **visibile** nella costellazione del Leone praticamente per tutta la notte nei tre mesi. In opposizione l'8 marzo (mag. -2.4).
- SATURNO** rimane **visibile** nella seconda parte della notte in marzo e aprile, quindi praticamente tutta la notte dalla seconda metà di maggio, nella costellazione dell'Ofiuco (mag. 0.2),
- URANO** è **visibile** nella prima parte della notte fino a metà marzo, nella costellazione dei Pesci (mag. 5.9), poi **invisibile** fino a metà maggio, quando riappare timidamente al mattino.
- NETTUNO** dopo il periodo d'invisibilità, riappare al mattino, nella costellazione dell'Aquario, dove rimane **visibile** in aprile e maggio (mag.7.9)

FASI LUNARI



Ultimo Quarto	2 marzo,	30 aprile,	29 maggio
Luna Nuova	9 marzo,	7 aprile,	6 maggio
Primo Quarto	15 marzo,	14 aprile,	13 maggio
Luna Piena	23 marzo,	22 aprile,	21 maggio

- Stelle filanti** Lo sciame delle **Aquaridi** è attivo dal 19 aprile al 28 maggio, con un massimo il 5 maggio; la cometa di origine è la famosa 1P/Halley
- Eclissi** totale di Sole il 9 marzo, **invisibile** da noi, visibile nel Borneo, Sumatra e Celebes.
Penombrale di Luna il 23 marzo, **invisibile** da noi, visibile nel Pacifico e in Australia.
- Primavera** La Terra si trova all'equinozio il 20 marzo, alle 5h30. Per il nostro emisfero ha inizio la primavera.
- Inizio ora estiva** il 27 marzo (Pasqua) i nostri orologi devono essere avanzati dalle 2h alle 3h.
- Transito di Mercurio davanti al Sole** 9 maggio (dalle 13h12 alle 20h42)

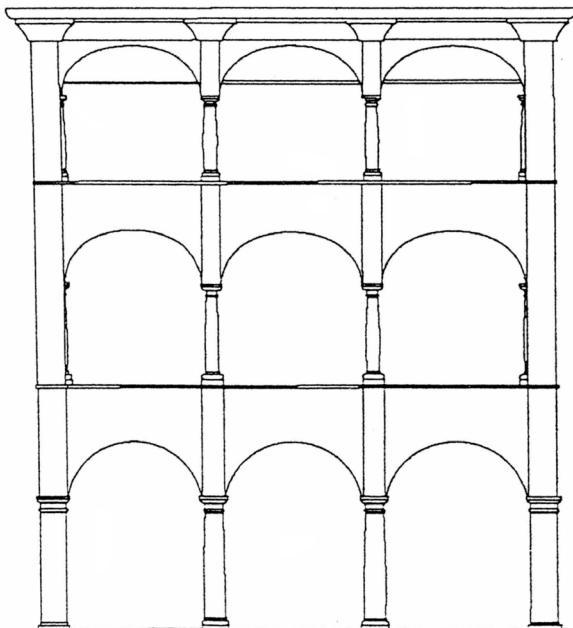


12 marzo 23h00 TMEC

12 aprile 22h00 TMEC

12 maggio 20h00 TMEC

Questa cartina è stata tratta dalla rivista Pégase, con il permesso della Société Fribourgeoise d'Astronomie.



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)

G.A.B. 6616 Losone

Corrispondenza:

Specola Solare - 6605 Locarno 5

shop online



www.bronz.ch