



Comune
di Brugherio
assessorato
alla Cultura

SCIENZA, ULTIMA FRONTIERA

È GRADITO L'ACCESSO AI NON ADDETTI AI LAVORI

2018 • 5[^] ANNO



BIBLIOTECA
CIVICA
BRUGHERIO

DONNE DI SCIENZA AI CONFINI DELL'IGNOTO

Le frontiere più avanzate della ricerca
nei racconti delle protagoniste



René Magritte, L'embellie (1962)

2

SECONDO INCONTRO: 9 NOVEMBRE

SPAZIO

PICCOLA DISPENSA CON QUALCHE SUGGERIMENTO DI LETTURA

SOLAR ORBITER 2020: INCONTRO CON IL SOLE

*L'osservazione e l'esplorazione di quella piccola stella
a cui dobbiamo la vita*



Ester Antonucci

FISICA SOLARE



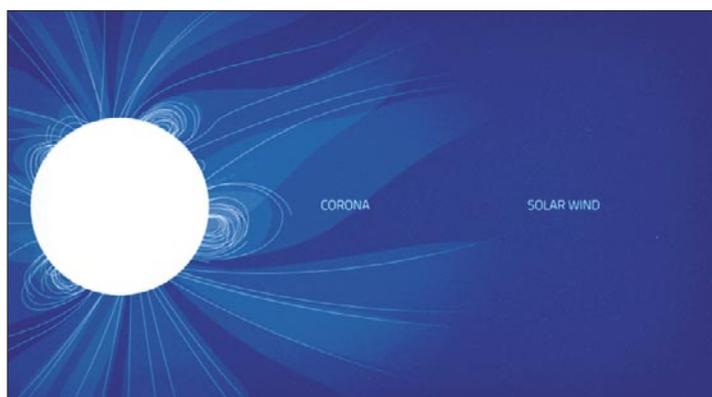
La seconda frontiera che esploriamo ci porta nello spazio.

Non quello sconfinato che oggi sappiamo osservare con telescopi sempre più potenti, a miliardi di anni luce di distanza. E nemmeno quello che sogniamo di calpestare con piede umano, il pianeta Marte o quei nuovi esopianeti che andiamo scoprendo giorno dopo giorno e



che potranno forse essere la nuova casa dell'umanità di domani... No, lo spazio è quello tra il nostro pianeta e la sua stella, tra la Terra e il Sole. **Proprio il Sole è la frontiera da scoprire**, perché nonostante la sua vicinanza (150 milioni di Km) e nonostante millenni di osservazioni e studi, ha ancora molto da rivelarci. Non tanto nel suo essere centro di gravità di un sistema (anche se la teoria del caos non ci rassicura sulla futura stabilità delle orbite planetarie), ma proprio come corpo celeste che emette una radiazione grazie alla quale tutti viviamo.

C'è da scoprire ancora molto sulla sua atmosfera, la cosiddetta corona solare, con temperature fino a 200 volte superiori rispetto alla superficie (non sappiamo perché...); sulle regioni polari che non si riescono a vedere da qui... Ma ancora: pensiamo a quella cosa bella e rassicurante che tutti abbiamo disegnato, i raggi del sole. Cosa sappiamo di quel flusso di particelle cariche, tutt'altro che regolare ma estremamente turbolento, che riempie lo spazio tra noi e il Sole di un qualcosa che abbiamo chiamato "vento solare"? Il Sole ha ancora molto da dirci ed è per questo che va studiato e soprattutto osservato in modo nuovo e con strumenti adeguati. È questo il motivo per cui sono attive



ben due missioni spaziali che hanno come obiettivo il Sole: una di queste ha come protagonista la nostra ospite, Ester Antonucci. Con lei cercheremo di approfondire le nostre conoscenze (che a volte si rivelano ingannatorie) ed entrare, senza scottarci, nel vivo della ricerca umana sulla stella che ci tiene in vita.

BIBLIOTECA CIVICA DI BRUGHERIO



via Italia, 27 • tel. 039.2893.401
biblioteca@comune.brugherio.mb.it
www.comune.brugherio.mb.it
catalogo online: www.biblioclick.it



Aperta al pubblico:

lunedì	9 - 12.30	-
martedì	9 - 12.30	14 - 19
mercoledì	9 - 12.30	14 - 19
giovedì	-	14 - 19
venerdì	9 - 12.30	14 - 19
sabato	9 - 12.30	14 - 18



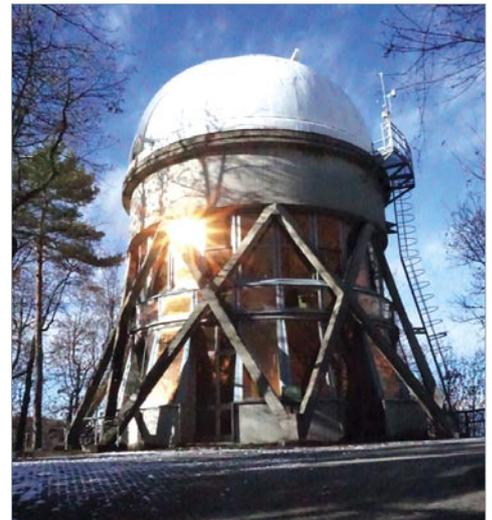
ESTER ANTONUCCI

Una vita di studio, ricerca e insegnamento dedicata al sole!

Ecco chi è la nostra seconda ospite: scopriamolo più in dettaglio.

Dall'inizio del progetto fino alla consegna dello strumento all'Agenzia Spaziale Europea (ESA), nel 2017, è stata il responsabile scientifico (tecnicamente: *principal investigator*) del coronografo Metis della missione Solar Orbiter. Ideata per esplorare le regioni dell'eliosfera più prossime al Sole e situate al di fuori dell'eclittica, nonché per osservare i poli solari, la missione è stata proposta all'ESA da un team internazionale di cui Ester Antonucci ha fatto attivamente parte. Ha inoltre guidato la realizzazione del prototipo di Metis, il coronografo SCORE, lanciato con successo, nel 2009, in un volo suborbitale della NASA. SCORE ha ottenuto le prime immagini in elio della corona solare.

Negli anni ottanta ha guidato, presso il Goddard Space Flight Center della NASA, il team del Rutherford Laboratory durante le operazioni dell'esperimento Soft X-ray Polychromator (XRP) della Solar Maximum Mission. XRP ha permesso di scoprire come si formano le sorgenti a temperature di decine di milioni di gradi, osservate in raggi X durante le esplosioni solari. Dopodiché ha avuto un ruolo chiave nella realizzazione del coronografo-spettrometro Ultraviolet Coronagraph Spectrometer, UVCS, a bordo del Solar and Heliospheric Observatory, SOHO, il primo grande osservatorio solare spaziale dell'Europa, lanciato nel 1995 e tuttora operativo. UVCS ha permesso

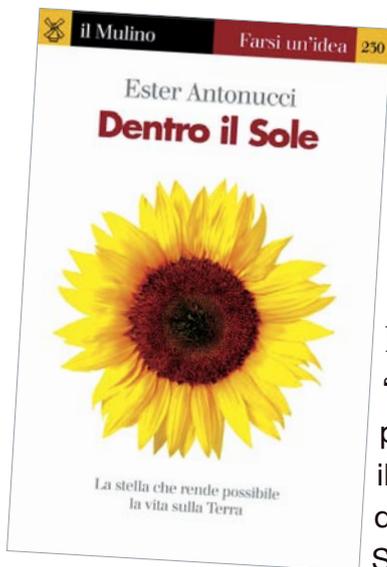


di identificare i processi che accelerano il vento solare in corona.

Ha insegnato presso l'Università di Torino ed è stata direttore dell'Osservatorio Astrofisico di Torino, Istituto Nazionale di Astrofisica.

Attualmente fa parte dell'European Space Science Committee.





Nel 2014 ha pubblicato un bel saggio divulgativo per far conoscere il sole a un pubblico non specializzato. Un libro importante, perché colma un vuoto editoriale piuttosto curioso: sulle stelle nell'universo si pubblicano tanti libri, ma sulla nostra stella non c'è molto a disposizione di chi volesse farsi un'idea partendo da zero.

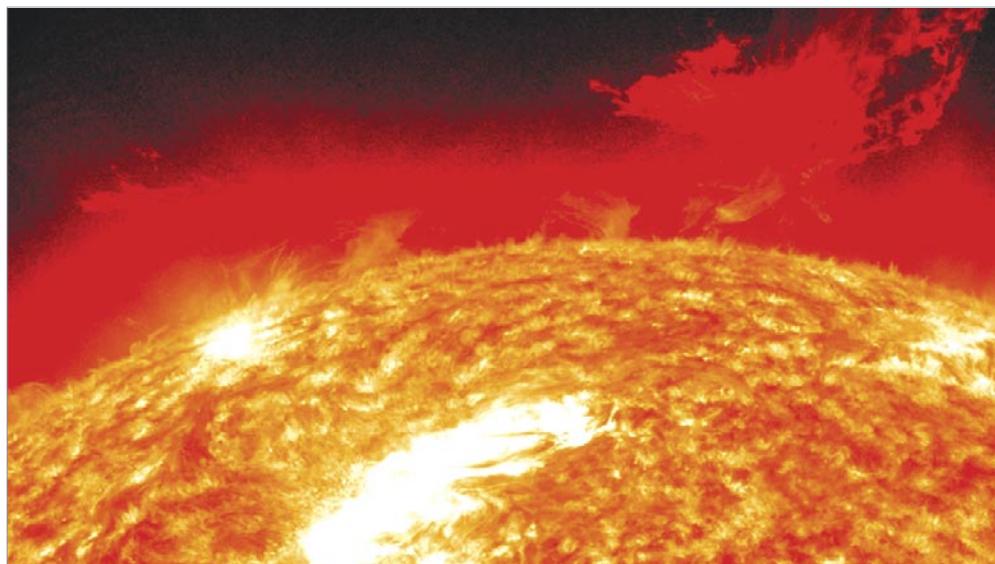
Ecco la recensione che ne ha fatto il sito dell'INAF:

“Se non ci fosse bisognerebbe inventarla” recitava anni fa un popolare spot pubblicitario. Una frase che si addice perfettamente anche alla nostra stella, il Sole, che per le sue caratteristiche ha permesso, qui sulla Terra, alla vita di formarsi ed evolversi. Alla nostra stella è dedicato il volumetto “Dentro il Sole” di Ester Antonucci, edito da Il Mulino. In 128 pagine l'autrice, già di-

rettore dell'Osservatorio INAF di Torino e tra i protagonisti a livello internazionale della ricerca nel settore, avendo contribuito alla progettazione, realizzazione e all'analisi dati delle maggiori missioni spaziali dedicate alla fisica solare, ci guida in un ideale viaggio nello spazio e nel tempo alla scoperta dei segreti del Sole. Si parte dentro il Sole, dal suo nucleo centrale, la fornace nucleare che con una regolarità eccezionale converte ogni secondo, da miliardi di anni, 5 milioni di tonnellate di idrogeno in energia. Pagina dopo pagina, viene raccontato, in modo accurato e rigoroso, ma senza mai scendere in dettagli troppo tecnici, un po' tutto il bagaglio di conoscenze che abbiamo raggiunto sulla nostra stella, sia grazie alle osservazioni da terra che con le missioni spaziali. Queste ultime hanno aperto nuove 'finestre' osservative nelle bande di radiazione di alta energia, dai raggi ultravioletti, agli X, fino ai raggi gamma. Informazioni che hanno permesso di indagare i fenomeni più violenti che si generano sulla sua superficie e nella sua atmosfera, come i brillamenti e le emissioni di massa coronale, che possono avere ripercussioni anche serie sull'ambiente terrestre. L'ultima sezione del libro è proprio dedicata alle interazioni del Sole con la Terra e al loro studio, la cosiddetta climatologia spaziale. Una scienza relativamente giovane, sviluppatasi negli ultimi decenni, ma che sta acquistando sempre maggiore importanza per via degli effetti che le tempeste solari possono avere sul nostro ambiente e le infrastrutture tecnologiche, come ad esempio i satelliti per le telecomunicazioni o i sistemi per il posizionamento globale.

“Dentro il Sole” fa parte della collana “Farsi un'idea”. E alla fine della lettura, quella che rimane è un'idea piuttosto approfondita della nostra stella, della sua influenza in tutto il Sistema solare e delle

tappe principali delle scoperte scientifiche ad essa legate, che si sono succedute negli ultimi quattro secoli, a partire dal 1610, quando Galileo Galilei iniziò le osservazioni sistematiche del disco solare con il suo telescopio. Una stella che oggi conosciamo assai bene, ma che ha ancora molti segreti da rivelarci.

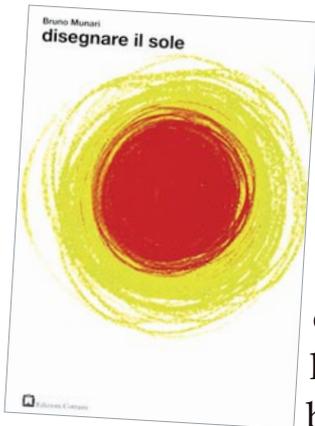


[articolo di *Marco Galliani*,

INAF-media: www.media.inaf.it/2014/06/18/il-sole-dentro-e-anche-fuori]



IL SOLE: ONNIPRESENTE MA POCO CONOSCIUTO

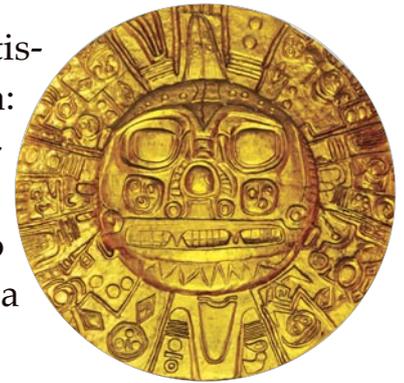


Tutti lo abbiamo disegnato, mille e mille volte. Accompagna da sempre la nostra vita, scalda il corpo e il cuore, rallegra l'animo, abbronzia la pelle,



illumina il mondo e gli occhi. Di tutto ciò che fa parte della natura, il Sole è l'oggetto più conosciuto e familiare.

Non solo. Il Sole compare nella storia delle religioni: in moltissime civiltà di tutto il mondo viene considerato una divinità: Sol, Inti, Ra, Surya, Awondo, Helios, Kwat... Nelle religioni monoteiste, il Sole resta pur sempre una delle principale creature,



cantate ed esaltate per esempio con le parole del salmo 19 nella tradizione ebraico-cristiana:

Là pose una tenda per il Sole
che esce come sposo
dalla stanza nuziale:
esulta come un prode che percorre la via.
Sorge da un estremo del cielo
e la sua orbita raggiunge l'altro estremo:
nulla si sottrae al suo calore.

Ritorna nelle mitologie, nelle festività (legate soprattutto al solstizio



d'inverno, tra cui il *Sol Invictus* dei Romani che ha poi condizionato la scelta della data del Natale cristiano).

Ritorna ovunque nella letteratura, nella musica, nell'arte, nella filosofia... È così radicato nella nostra storia culturale che non ci rendiamo più conto della sua pervasività onnipresente. Per accorgersi che è dappertutto, bisogna concentrarsi. Facciamo un **piccolo gioco**: *pensa al più bel quadro che raffigura il Sole in tutta la storia dell'arte...*
Cosa ti viene in mente?

Ecco qualche esempio:



Avete pensato a questi o ad altri ancora più famosi?



Li riconoscete?



Il Sole è onnipresente, dunque: l'uomo lo osserva e lo rappresenta da sempre.

Ma dal punto di vista dell'**OSSERVAZIONE SCIENTIFICA?**

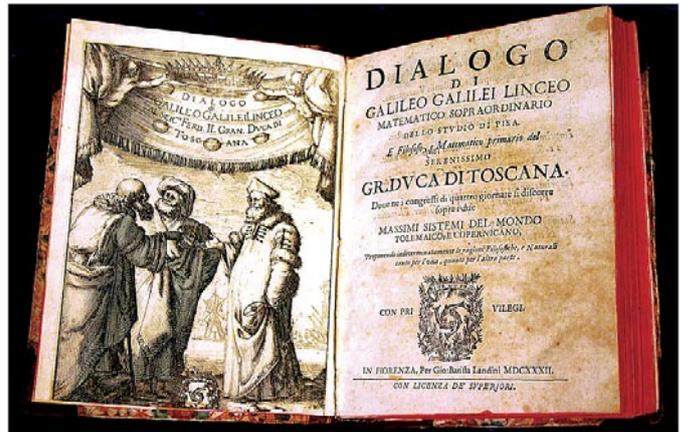
Più che il Sole in sé, possiamo dire, fin dall'antichità l'uomo ha osservato la sua posizione rispetto alla Terra, che cambia in modo ciclico (giorno e anno sono unità di misura che ci dà proprio il Sole). Comprendere questa regolarità significa poter prevedere (ad esempio, le stagioni) e quindi aver un grande vantaggio per la nostra sopravvivenza sul pianeta che proprio dal Sole trae la sua fonte di energia.



Ecco dunque le costruzioni che tengono conto proprio delle posizioni del Sole, in particolare individuando il giorno del solstizio: i più impressionanti e famosi sono i complessi megalitici, tra cui di Nabta Playa (in Egitto) e il famosissimo Stonehenge (in Inghilterra).

Il dibattito che ha segnato in modo irreversibile la storia della scienza è quello “tra i due massimi sistemi”: quello geocentrico, dominante per secoli, e quello eliocentrico che a fatica si affermò come verità scientifica, affrancandosi dalla sfera religiosa che riteneva di avere una verità rivelata anche sulle questioni naturali.

Galileo ci aveva tentato, citando un cardinale che fu molto vicino a diventar papa:

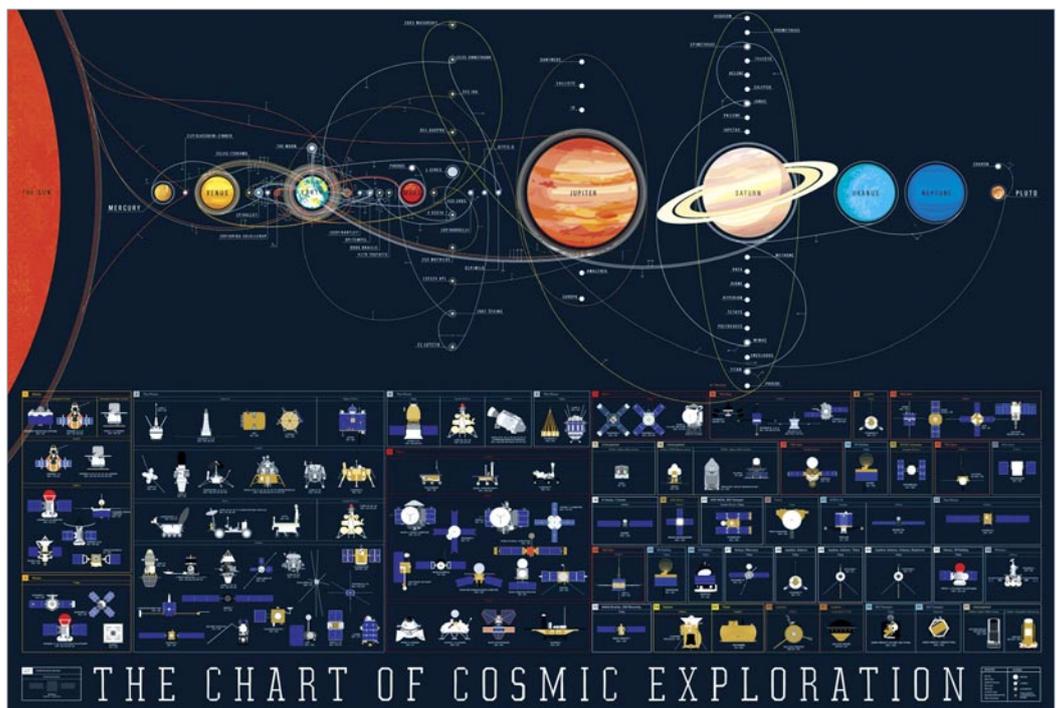


«È l'intenzione dello Spirito Santo d'insegnarci come si vadia al cielo e non come vadia il cielo». Ma sappiamo come andò a finire...

Proprio Galileo ebbe il merito di considerare gli oggetti celesti come dei corpi e non entità perfette: bastava osservarlo opportunamente il Sole e si notavano delle macchie. Fu legittimo e doveroso dunque farsi delle domande: com'è fatto il Sole? da dove vengono luce e calore? cosa c'è in superficie e com'è fatto il suo interno? Da allora in poi queste domande non hanno più abbandonato le menti degli scienziati e dei ricercatori.

Secoli di indagini, momenti di buio (!) e illuminazioni geniali, come quelle di Newton sulla natura della luce. Strumenti sempre più potenti e raffinati permettono nuove osservazioni e nuove scoperte.

Con l'era delle esplorazioni poi, anche il Sole viene osservato dallo spazio, con telescopi e sonde che si aggirano per il sistema solare. Questa nuova frontiera ha permesso di vedere ciò che prima era invisibile: oggi sappiamo dell'esistenza di un vento invisibile di gas solare che immerge nella sua atmosfera tutti i pianeti, Terra compresa...



Nonostante l'inarrestabile progresso delle nostre conoscenze, il Sole nel senso comune resta un oggetto ancora piuttosto misterioso, poco conosciuto e non di rado frainteso. Non desta più, forse, la stessa curiosità di un tempo (sono più attraenti le stelle lontane e lontanissime e oggetti dai nomi esotici quali pulsar quasar buchi neri...). Ed ecco che il Sole rischia di diventare uno sconosciuto familiare, come succede con certi parenti, sai che ci sono, ma non li conosci per niente.

Il rischio, qui come in tutta la scienza, è quello del diffondersi progressivo di un analfabetismo, di partenza o di ritorno poco importa.

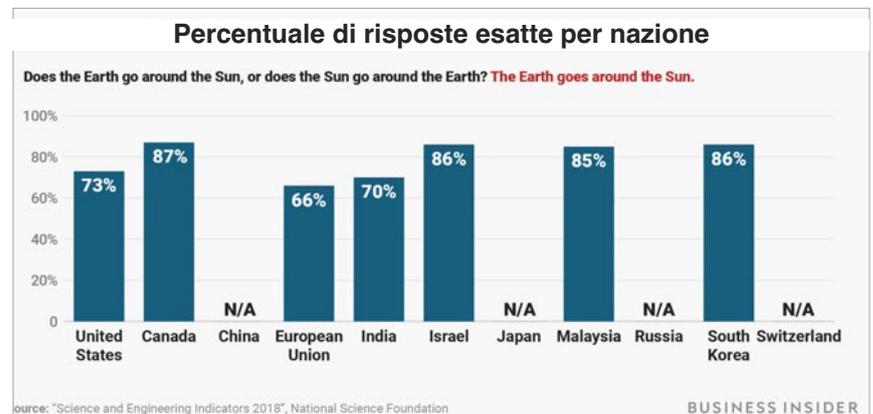
Stiamo esagerando?

Partiamo da due dati che emergono da altrettanti sondaggi.

Il primo è della National Science Foundation: una delle dieci domande del test è proprio su chi, tra Sole e Terra, gira intorno all'altro. L'esito è sorprendente.



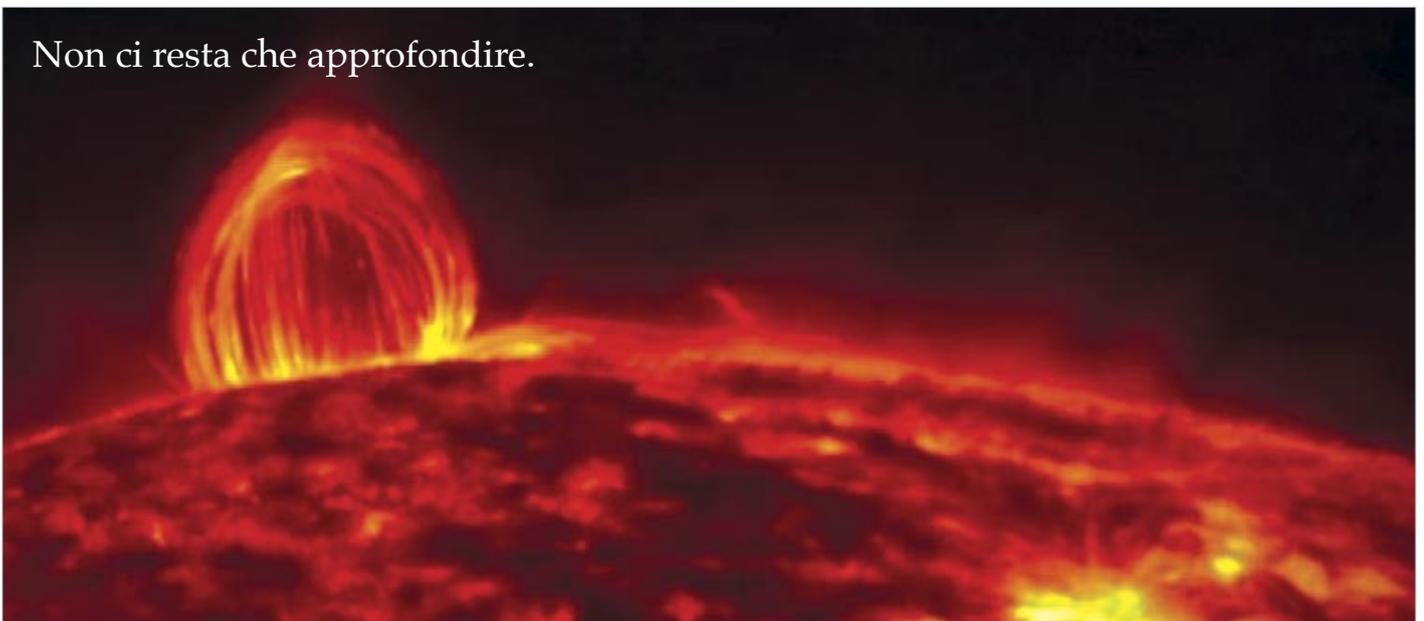
Il secondo riguarda l'Italia: secondo Observa – Science in Society, il 40% della popolazione del nostro Paese è convinta che il Sole sia un pianeta!



Potremmo andare avanti con le domande e chiederci a esempio queste cose.

Quante terre può contenere il Sole? Il Sole gira su stesso? Di cosa è fatto dentro? È la cosa più calda del nostro sistema solare? Quanti anni ha? Da dove viene? Sappiamo dire se e come morirà? Quanto è distante dalla Terra? Cosa sono l'eliosfera, la corona solare, le macchie? Com'è la gravità sul Sole? ... eccetera

Non ci resta che approfondire.





David Whitehouse, Il Sole. Una biografia. Scienza e mitologia della stella che ci dà la vita - Mondadori - Oscar saggi, 2007

L'interesse per il Sole non deve diminuire, ora che lo conosciamo e lo classifichiamo come una poco significativa stellina tra le miliardi di miliardi... Al contrario, ci dice l'autore di questo bel saggio divulgativo: il Sole è il fenomeno più potente che abbiamo mai incontrato, è la chiave di volta per la nostra comprensione dell'universo. "Il Sole – scrive Whitehouse, che è astronomo e giornalista scientifico – non è solo una componente fondamentale dell'universo, una stella, ma è anche il fulcro dei processi attraverso i quali la sua luce illumina le attività del cosmo fin nei livelli più elementari". Capirlo è fondamentale e questa biografia ripercorre, in brevi e vivaci ritratti, le principali informazioni che la scienza oggi ci fornisce sul Sole, ma anche una carrellata ad ampio raggio sulla presenza della nostra stella nella cultura umana (religione, musica, arte, poesia, mitologia, filosofia).

Lucie Green, Viaggio al centro del Sole - Il Saggiatore, 2018

L'autrice, è una fisica solare al Mullard Space Science Laboratory dello University College di Londra, è stata collaboratrice della NASA e attualmente è impegnata nel progetto Solar Orbiter dell'Agenzia Spaziale Europea. In questo saggio divulgativo, di recentissima pubblicazione, ci spiega con stile appassionante e coltissimo tutto quello che avremmo voluto sapere e non abbiamo forse nemmeno mai osato domandare. La comprensione del Sole, dei suoi meccanismi di funzionamento, è cruciale per la nostra stessa sopravvivenza, che dipende interamente da questa piccola/media stella, nonché per la nostra capacità di capire le leggi dell'universo. C'è da imparare e da divertirsi, scoprendo aspetti davvero poco noti, come quello relativo al tempo con cui un fotone arriva a noi... Crediamo di saperlo benissimo, otto minuti e venti secondi. Vero, dalla superficie del Sole alla Terra, ma dal centro del Sole stesso alla sua superficie ci vogliono, tenetevi forte, 170mila anni. Sì, avete letto bene...



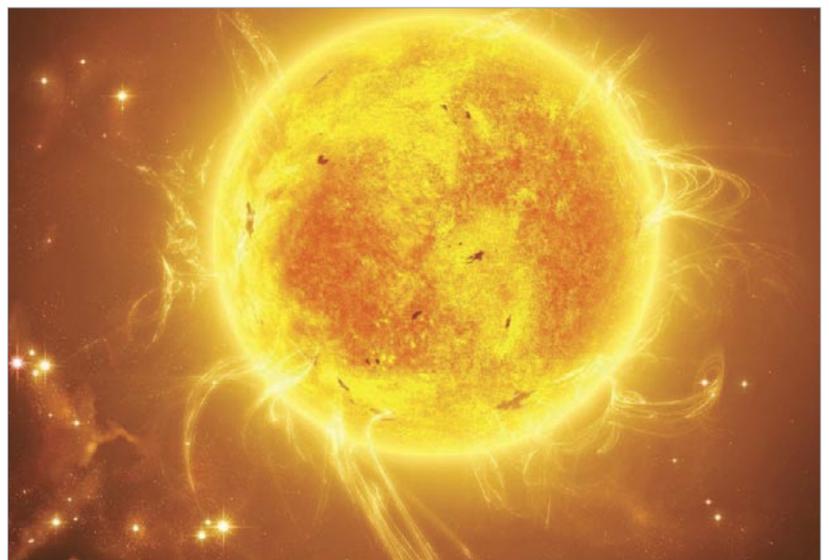
E per i più piccoli:

Francesca Brunetti, Marialuce Bruscoli, Gianna Cauzzi, Come catturare il Sole - Sinnos, 2015

Che lo si veda dalla Cina o dall'Australia, il Sole è sempre il Sole! Per introdurre bambini e ragazzi a conoscere la stella che illumina tutti ecco un libro speciale, che mette insieme esperimenti e racconti.

Con un poco di fantasia e creatività, infatti, semplici oggetti di tutti i giorni possono infatti trasformarsi in veri strumenti scien-

tifici, ad esempio una scatola di cereali insieme a un foglio di carta alluminio e un paio di cartoncini possono trasformarsi in un perfetto (e sicuro) telescopio solare. A questi si affiancano tante storie da diverse parti del mondo con un protagonista assoluto: il Sole! Racconti pieni di avventure, idee geniali, cavalieri, draghi, bellissime fanciulle e animali intelligenti. Scienza e storie, tanti modi per catturare il Sole, o per farsi catturare da lui!



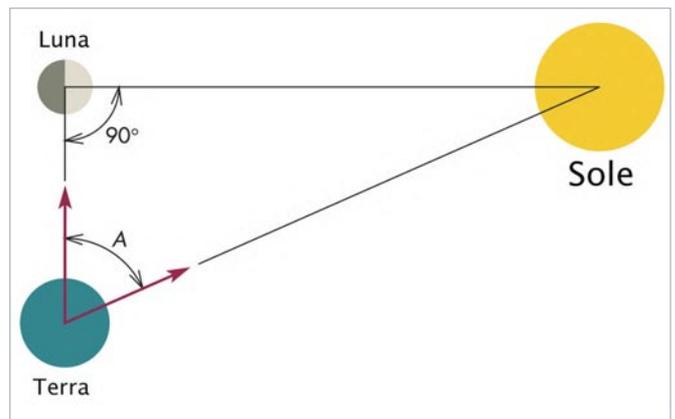


QUANTO È LONTANO IL SOLE?

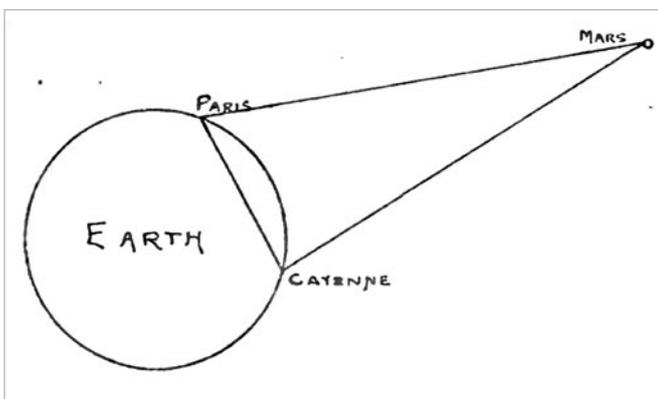
Se chiedete qual è la stella più vicina a noi, molti cercheranno di ricordare se è Sirio o Alpha Centauri o Proxima Centauri... In realtà la risposta è più semplice: è il Sole, è davvero molto più vicina di qualunque altra stella. Sì, ma... quanto è vicina?

L'uomo se lo chiede da sempre e ha escogitato molti modi per trovare una risposta a questa domanda. Tu cosa faresti?

Il primo che ci provò sul serio fu un tale di nome **Aristarco**, nato sull'isola greca di Samo 2.300 anni fa! Ragionò così: quando noi vediamo la Luna illuminata esattamente a metà, vuol dire che i tre punti, Sole, Terra e Luna, formano un triangolo rettangolo. Calcolando l'angolo tra la Terra e il Sole, posso trovare la distanza (cioè l'ipotenusa). Ragionamento geniale e corretto, ma di difficile realizzazione in un'epoca priva di strumenti di osservazione come quelli moderni, per cui Aristarco sbagliò la misura, per difetto, di circa venti volte.

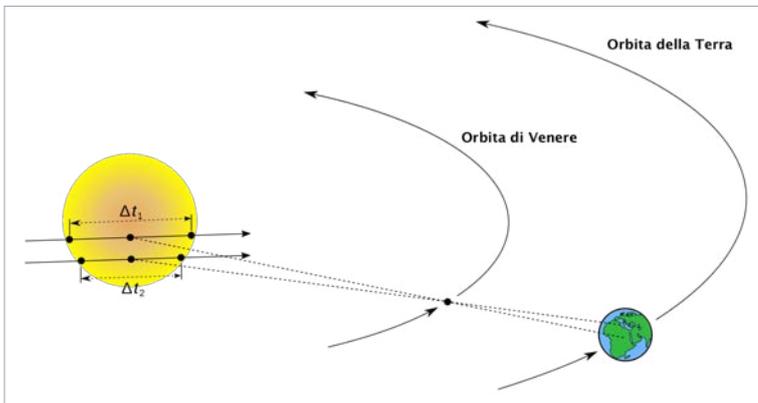


Per molti secoli fu in buona compagnia: nonostante l'astronomia fosse entrata nell'era della modernità e gli strumenti andassero affinandosi sempre più, illustri scienziati sbagliarono come Aristarco, per difetto: Copernico stimò meno di 10 milioni di km, Tycho Brahe 8 milioni di km, Keplero in 24 milioni di km.



Nel 1659 Christiaan **Huygens** calcolò una distanza più precisa, un valore errato per eccesso, ma solo del 7%. Purtroppo si basava su un presupposto non dimostrato, cioè che il diametro di Venere fosse uguale a quello della Terra.

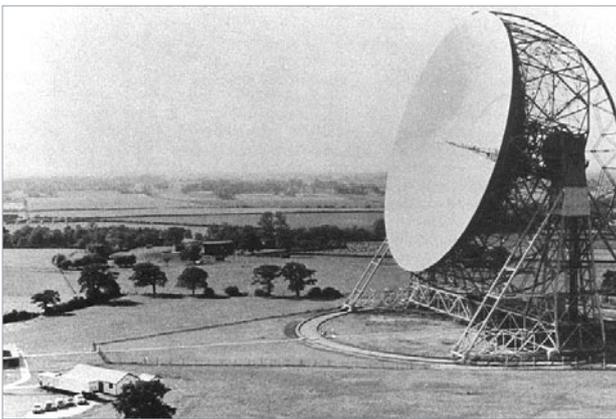
Toccò a Giovanni **Cassini**, qualche decennio più tardi, inventare un nuovo approccio al problema. Ragionò sull'effetto parallasse, cioè sul fatto che da sue punti diversi (e il più possibile distanti) della Terra noi osserviamo un corpo celeste con una differenza di angolo piccola ma misurabile. Scelse di osservare Marte e, calcolata la distanza dal pianeta rosso, utilizzò la terza legge di Keplero per ottenere la distanza Terra-Sole: 138.370.000 km, un valore inferiore del 7,5% alla misura corrente. Si ripropone la situazione di Aristarco: ottime intuizioni ma difficoltà estreme nel prendere le misure necessarie.



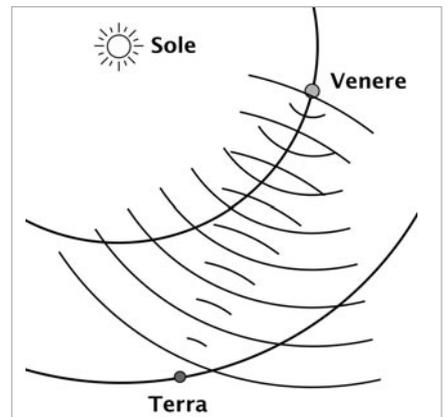
Per cui occorre un approccio nuovo, che venne in mente al matematico e astronomo scozzese James **Gregory** e venne proposta da Edmond **Halley**: occorre osservare da punti diversi della Terra i transiti di Venere sul disco del Sole, che sono eventi molto rari. C'era una guerra in corso tra Inglesi e Francesi all'epoca del transito del 1761, ma

nonostante ciò governi e comunità scientifiche di tutto il mondo si mobilitarono per realizzare al meglio il piano congegnato da Halley. Le osservazioni produssero un'ampia messe di dati, fu Eulero, dotato di straordinario talento matematico, a ottenere la migliore approssimazione pari a circa l'1% in più.

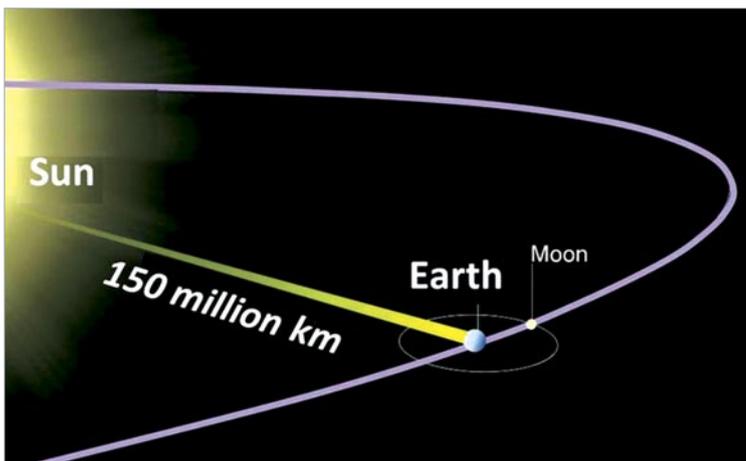
Il passaggio successivo fu basato ancora sulla parallasse, ma di alcuni asteroidi. Lo scozzese David **Gill** ricavò nel 1889 il valore di 149.480.000 km, che fece da riferimento come unità astronomica. Nei primi decenni del Novecento nuove osservazioni precisarono ulteriormente la stima.



La svolta si ebbe con l'avvento di una nuova tecnologia, quella dei radar, che aprirono una strada più semplice e infinitamente più precisa per calcolare questa distanza che gli scienziati insegui-



mila anni! Se riesco a mandare un impulso verso un corpo celeste (fu scelto il pianeta Venere) e a registrare il ritorno del segnale che rimbalza, allora posso facilmente calcolare la distanza tra i due corpi, dividendo per due (andata e ritorno). Esperimenti condotti agli inizi degli anni Sessanta convergevano su una misura che fu scelta come «unità astronomica» ufficiale, pari a 149.600.000 Km.



In anni più recenti, usando in particolare le rilevazioni radar eseguite per mezzo delle sonde inviate su Marte e su Saturno, la determinazione dell'unità astronomica ha raggiunto una precisione incredibile, nell'ordine del metro: l'equivalente di una parte su 150 miliardi!

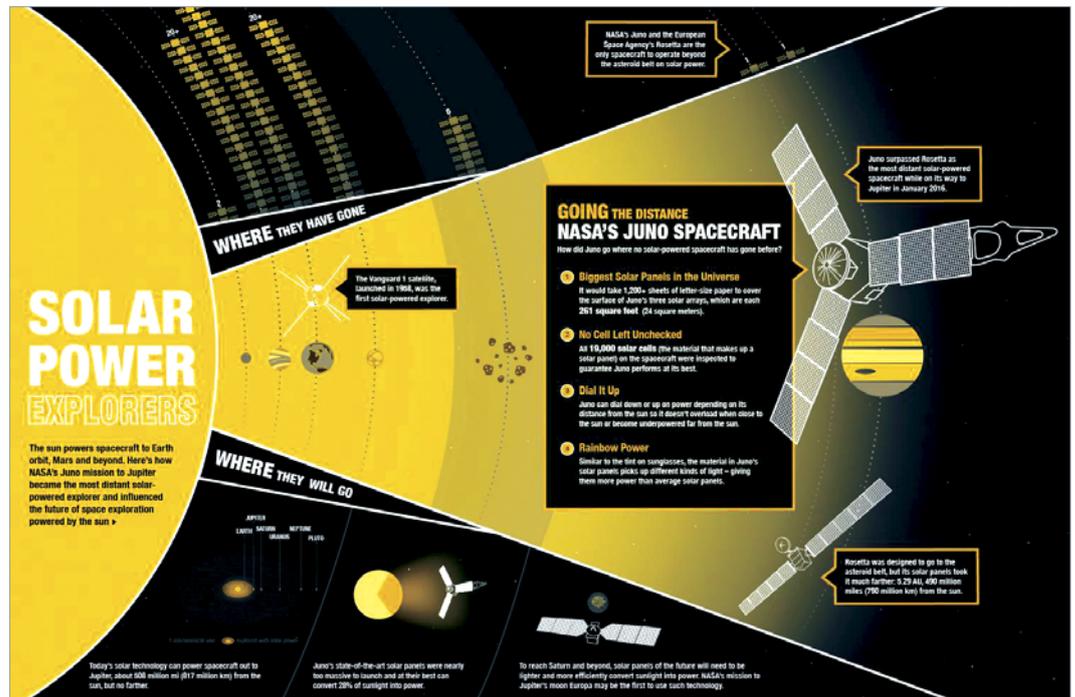
Nel 2012 veniva adottato ufficialmente il valore di 149.597.870.700 metri.



DUE NUOVE MISSIONI PER LO STUDIO DEL SOLE

Se pensiamo alle missioni spaziali, ci vengono in mente quelle lunari o quelle destinate ad altri pianeti, asteroidi o, ultimamente, anche una cometa. Ci riesce difficile immaginare che il Sole sia la meta di una sonda esplorativa, perché pensiamo che non sia possibile avvicinarsi più di tanto senza esserne distrutti.

In realtà, il Sole è stata la meta di molte missioni, a partire dal 1959, con la Pioneer 5. Osservare il Sole da una sonda o un telescopio fuori dalla nostra atmosfera permette di fare scoperte notevoli: ecco perché ancor oggi sono in corso due importanti nuove missioni, una della NASA e l'altra dell'ESA (che è l'Agenzia spaziale europea).



Conosciamole più nel dettaglio.

PARKER SOLAR PROBE

Eugene Parker è il fisico che per primo teorizzò l'esistenza del vento solare, nel 1958. Ora questa missione porta il suo nome proprio perché ha tra i suoi principali obiettivi scientifici lo studio delle dinamiche del vento solare. La sonda è decollata il 12 agosto 2018 (al secondo tentativo). Una sonda di circa 600 kg, realizzata in otto anni di lavoro, raggiungerà una vicinanza al Sole mai ottenuta prima: con le sue 24 orbite, arriverà fino a 6,1 milioni di chilometri di distanza dalla fotosfera (dove la temperatura supera i mille gradi). Il segreto sta nello scudo termico, costituito da fogli di fibra di carbonio separati da schiuma di



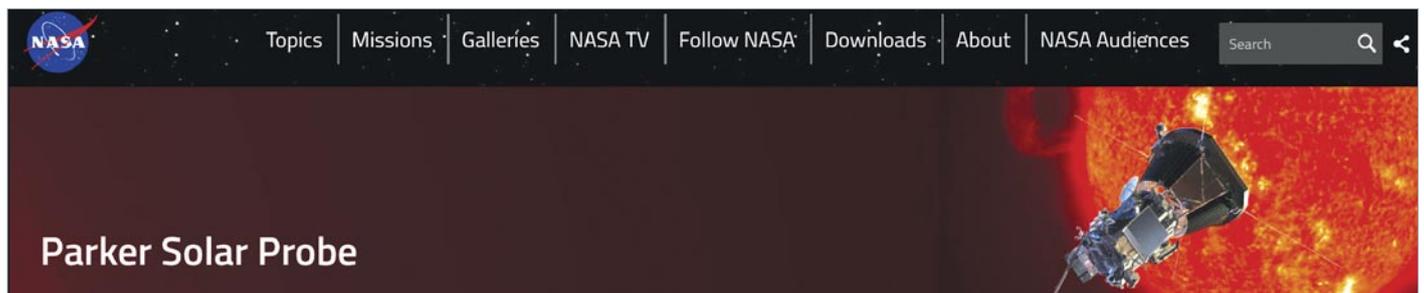
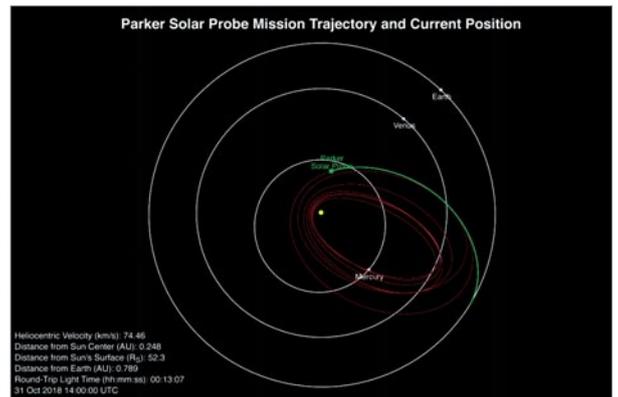
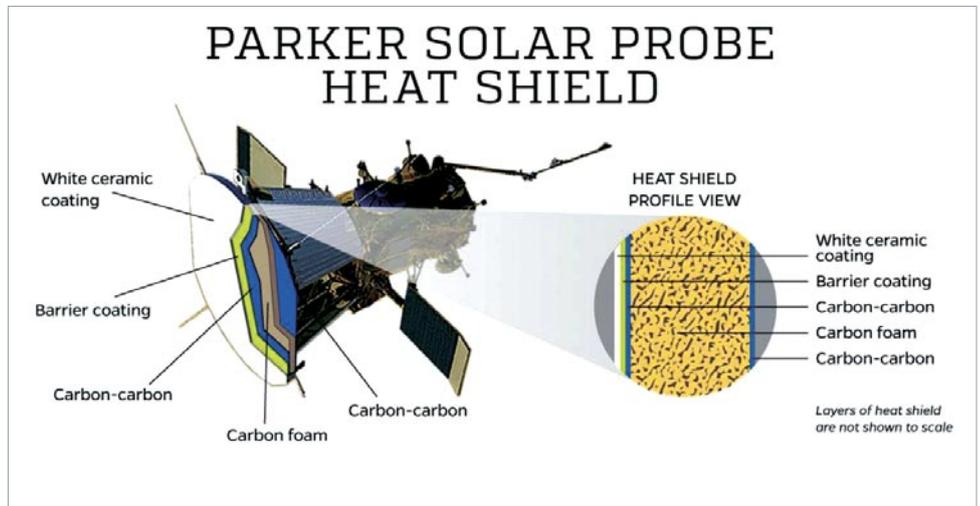
carbonio, che garantirà agli strumenti che protegge una temperatura di circa 30°C.

Non solo, la sonda otterrà un altro record, quello dell'oggetto più veloce ad aver mai viaggiato attraverso il Sistema solare nella storia dell'esplorazione spaziale: 692mila chilometri orari!

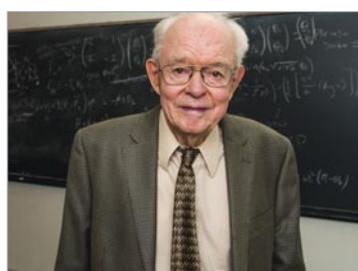
Proprio in questo mese di novembre la sonda raggiungerà il suo obiettivo di osservazione del violento flusso di particelle cariche che dal Sole arriva sulla Terra, cioè il vento solare emesso dalla corona. Gli scienziati vogliono capire come avviene il riscaldamento della corona e l'accelerazione del vento solare, e sono interessati anche nell'identificazione delle regioni di origine dei differenti tipi di vento solare. Un altro obiettivo è capire come vengono accelerati i raggi cosmici di origine solare.

Appassionante, vero?

Vien voglia di saperne di più e restare aggiornati sull'andamento della missione. Si può prima di tutto seguire la diretta "minuto per minuto", sul sito (in inglese) che la Nasa ha predisposto: www.nasa.gov/content/goddard/parker-solar-probe.



Per approfondire e seguire le scoperte, consigliamo il sito dell'INAF, l'Istituto nazionale di astrofisica, che ha una sezione "media" dedicata alla divulgazione non specialistica.



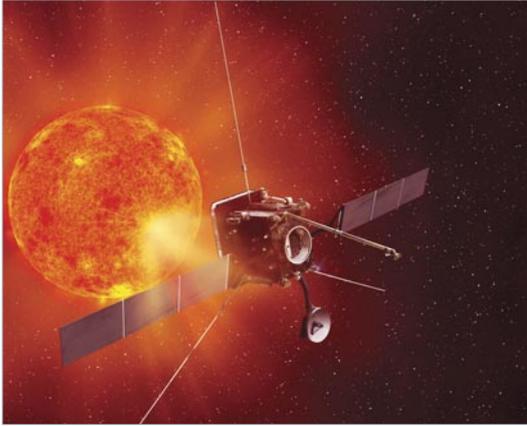
Infine, una curiosità (e un omaggio): lo scienziato **Eugene Parker**, teorizzatore del vento solare, è ancora vivente (ha 91 anni) e sta

seguendo il viaggio meraviglioso della sonda che ha presso il suo nome!



La seconda importante missione è dell'ESA (Eu-

ropean Space Agency), decollerà nel 2020. Ci facciamo raccontare la missione proprio dalla nostra ospite, che ne è una delle protagoniste: «Per il nostro team di fisici solari e



tecnologi, con la consegna del coronografo METIS all'Agenzia spaziale europea si concludono con soddisfazione anni di impegno volti a contribuire all'idea del Solar Orbiter e a dotarlo di METIS, lo strumento unico nel suo genere che continua la tradizione della coronografia spaziale italiana iniziata più di vent'anni fa con il successo di Uvcs durante la missione Soho» dichiara Ester Antonucci.

«L'obiettivo di METIS è osservare da vicino la tempestosa atmosfera solare per studiarne l'incessante espansione e soprattutto capire come si originano le enormi eruzioni di plasma solare che investono di quando in quando la Terra, sconvolgendo improvvisamente la sua magnetosfera».

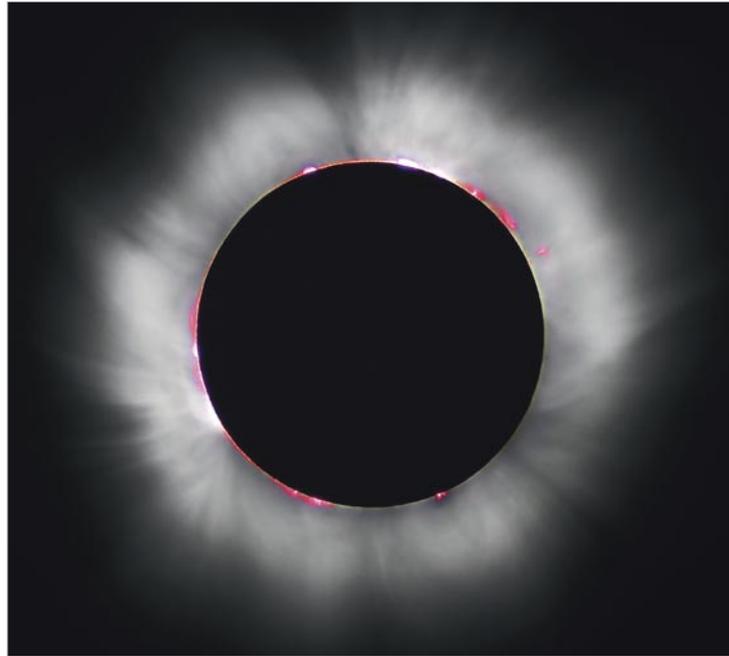
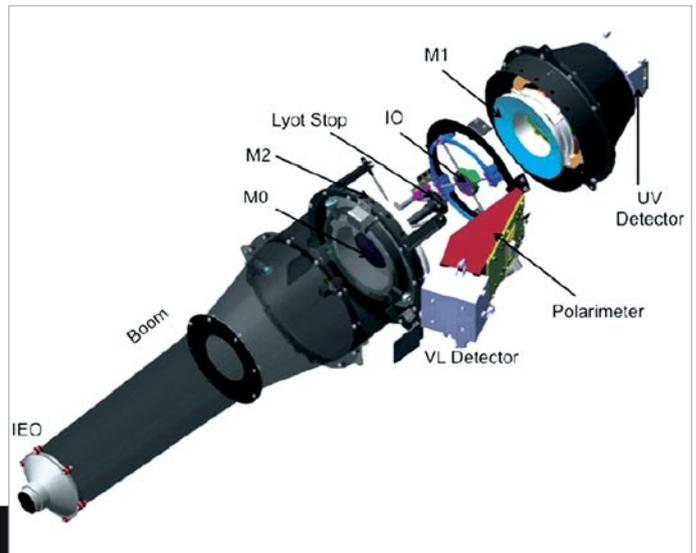
Il lancio è previsto per l'inizio di febbraio del 2020 dalla base di lancio della Nasa a Cape Canaveral, in Florida, con un vettore Atlas. L'orbita operativa intorno al Sole, fortemente ellittica, verrà raggiunta dopo quasi due anni: la sonda arriverà a meno di 43 milioni di km di Sole, una distanza inferiore a Mercurio, il pianeta più interno. La missione durerà sette anni, a bordo della sonda ci saranno dieci strumenti che misureranno il plasma del vento solare, i campi elettromagnetici e le particelle energetiche in una zona abbastanza vicino al Sole dove sono ancora relativamente incontaminati e le loro proprietà non sono state modificate dai successivi processi di trasporto e propagazione. L'orbita inclinata permetterà l'osservazione dei poli solari, che dalla Terra o dallo spazio nei nostri dintorni sono praticamente invisibili. E da tempo sappiamo che lo studio dei campi magnetici polari del Sole è una delle chiavi per capire l'attività e la variabilità della nostra stella

Tecnicamente lo strumento METIS è un coronografo, ha il compito di osservare la corona solare, la parte più esterna dell'atmosfera del Sole, che è possibile notare durante un'eclissi. Costruito in massima parte in Italia, METIS osserverà la corona del Sole dalla sua parte più interna fino alle zone percorse da Parker Solar Probe, completando perciò le informazioni fornite dalle misure di quella sonda. Potremmo dire che Solar Orbiter, con Metis, prenderà delle foto delle zone della corona solare attraversate e misurate da Parker Solar Probe. Due missioni complementari, dunque.



Ma come funziona il coronografo? La faccenda è un po' complicata, i tecnici la spiegano più o meno così.

Il coronografo METIS creerà un'eclisse artificiale, permettendo l'osservazione dell'emissione della corona solare che, anche dove appare più intensa, è milioni di volte più debole di quella del disco. Grazie ad un innovativo ed ingegnoso disegno ottico,

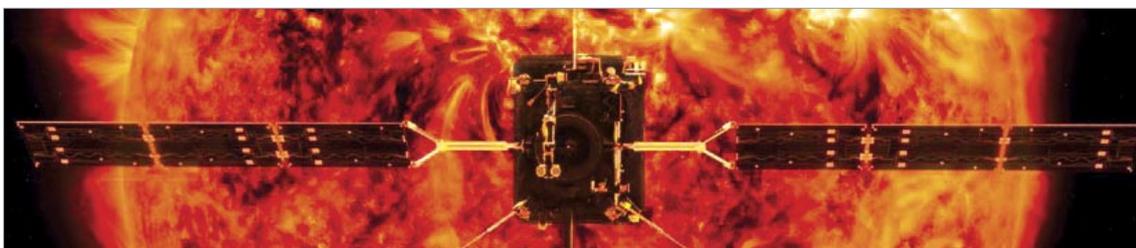


METIS è il primo coronografo in grado di ottenere immagini della corona solare simultaneamente in luce visibile e ultravioletta. Le sue osservazioni saranno cruciali per arrivare a svelare finalmente i meccanismi di innesco e propagazione delle eruzioni e onde d'urto solari, causa di violente perturbazioni di eliosfera e magnetosfere planetarie inclusa quella terrestre.

L'ultimo aggiornamento sulla missione ci dice che la sonda europea sta completando in questi giorni



la fase di integrazione e si prepara alla campagna di test assai impegnativi: lavorando nei pressi del Sole, la luce che inonderà la sonda Esa sarà 12 volte più intensa di quella che arriva sulla Terra, con temperature che supereranno i 500 gradi.

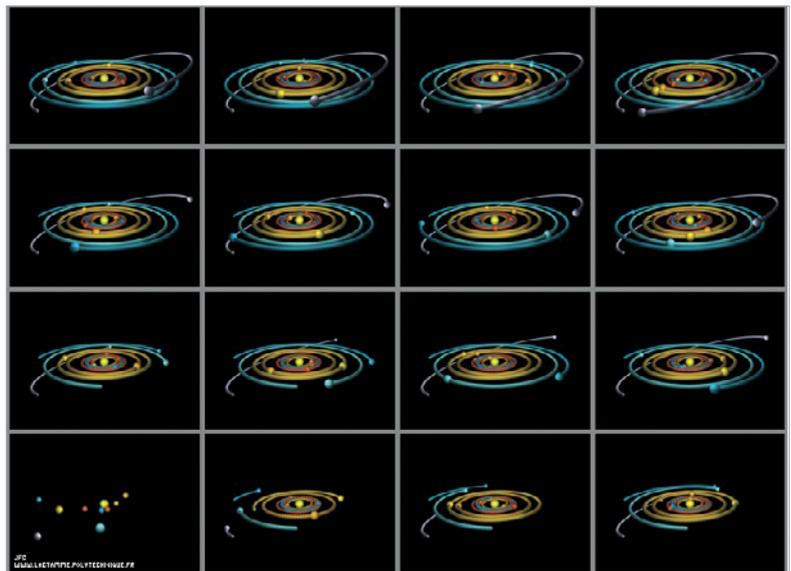
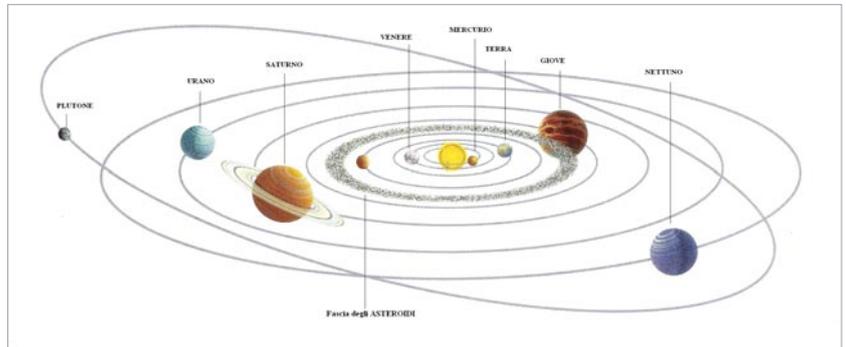




ORDINE E CAOS NEL SISTEMA SOLARE

Siamo abituati a pensare al moto dei pianeti intorno al Sole come a qualcosa di stabile e immutabile. Ma ne siamo sicuri? Tutto rimarrà "al suo posto" fin che il Sole vivrà? Oppure succederà un giorno che i pianeti se ne andranno per i fatti loro eludendo la gravità del Sole? O, invece, piomberanno dentro di esso?

Proprio queste domande furono l'oggetto di un concorso indetto nel 1887 da Oscar II, Re di Svezia. Lo vinse il grande matematico e fisico francese Henri Poincaré: con il suo studio diede il via all'elaborazione della teoria del caos.



SCENZA, ULTIMA FRONTIERA
E GRADITO L'ACCESSO AI NON ADDETTI AI LAVORI

2017 • IV ANNO

L'ORDINE E IL CAOS

3 MATEMATICA

17 NOVEMBRE

Le equazioni che spiegano il mondo e la teoria del caos con **GIUSEPPE MINGIONE**

matematico
Università di Parma

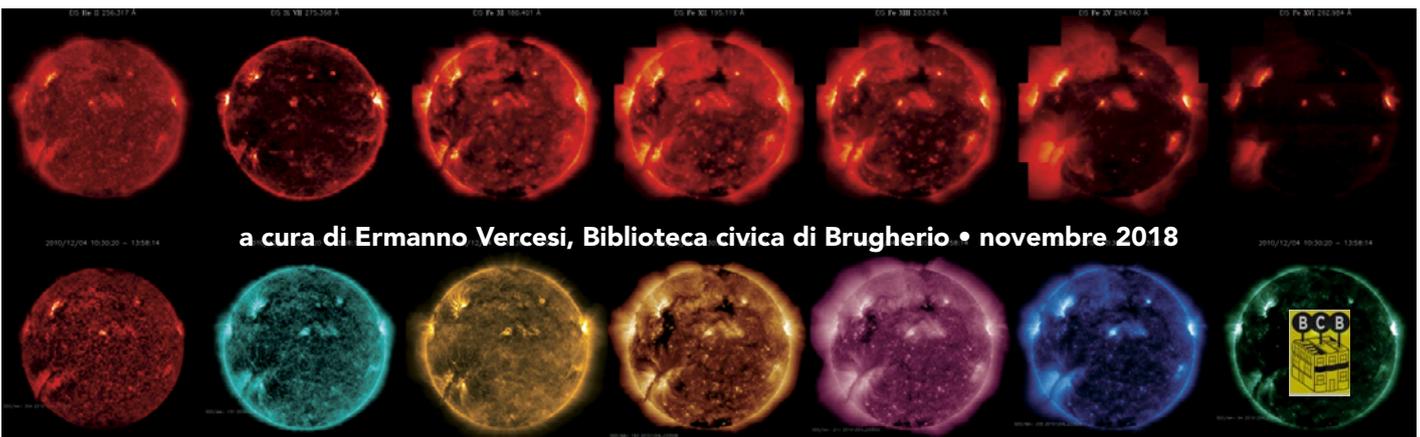
BIBLIOGRAFIA

Giuseppe Mingione
Un uomo... dai grandi numeri
Premi per i matematici: tutto tranne il Nobel

I matematici: gente un po' stramba
Colpo d'occhio • Ispazio • Caccioppoli • Fibonacci • Nash • Turing • Vito Volterra, il matematico che disse di no

La matematica dell'ordine e del caos

Ne abbiamo parlato l'anno scorso nella nostra rassegna, con il matematico Giuseppe Mingione. La bibliografia di quell'incontro è disponibile, come tutte le altre sul sito del Comune (www.comune.brugherio.mb.it), nella sezione *Biblioteca*, alla voce *Bibliografie, discografie, filmografie e scelte di siti web*.



a cura di Ermanno Vercesi, Biblioteca civica di Brugherio • novembre 2018