

il mensile dell'astronomo dilettante

numero 13 - dicembre 2009

L'ASTROFILLO

Colpi di Sole

Citizen Science

L'illusione della Luna 2



UAI *Unione Astrofili Italiani*



Leo

**Fiera dell'Astronomia e dell'Elettronica
Forlì, sabato 5 - domenica 6 dicembre 2009
Quartiere fieristico Forlì
Sala conferenze della Fiera**



Da Galileo al 2009

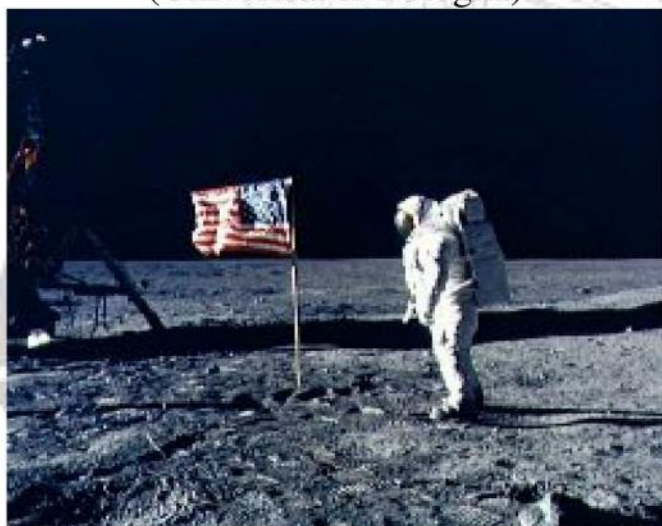
**Il telescopio e
il cammino verso la conoscenza**

Programma conferenze:

5 dicembre 2009

**15:00 “La missione Apollo 11 e il futuro
dell'esplorazione lunare “**

**Prof. Luigi Battistini
(Università di Bologna)**



**16:30 “ I telescopi per le riprese lunari e
solari “**

Plinio Camaiti

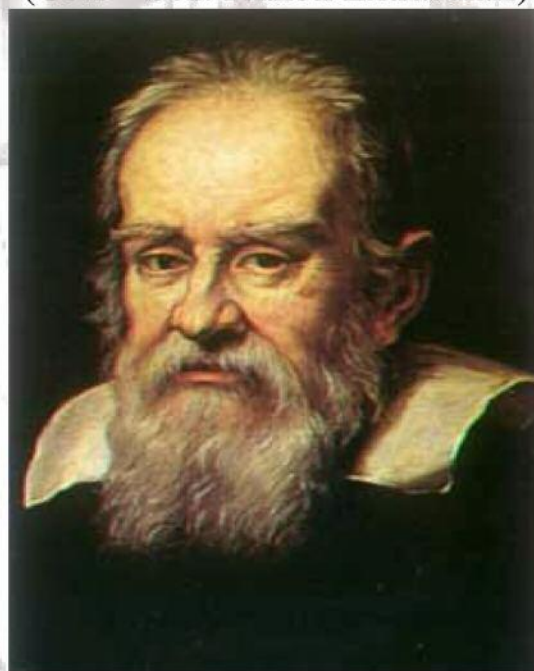
**17:15 “La fotografia solare ad alta
risoluzione “**

Gianluca Valentini

6 dicembre 2009

**10:30 “ La conquista della ragione: da
Galileo al 2009 “**

**Claudio Lopresti
(UAI – Sez. Pianeti Extrasolari)**



11:15 “ Occhi al cielo “

**Emilio Sassone Corsi
(Presidente UAI)**

**12:00 “I telescopi remoti Skyline/UAI:
dall'Italia all'Australia “**

**Giorgio Bianciardi
(UAI – Skyline)**

il mensile di scienza e tecnica
dedicato all'astronomo dilettante

direttore responsabile
Michele Ferrara

direttore scientifico
Enrico Maria Corsini

**editore, redazione, diffusione
e pubblicità**
Astro Publishing di Pirlo L.
Via Bonomelli, 106
25049 Iseo (BS)
www.astropublishing.com
info@astropublishing.com

servizi internet
Aruba S.p.A.
P.zza Garibaldi, 8
52010 Soci (AR)

registrazione
Tribunale di Brescia
n. 51 del 19/11/2008

abbonamento annuale
12 numeri telematici
euro ZERO. La rivista viene
distribuita gratuitamente.
Per abbonarsi è sufficiente
registrarsi sul nostro sito
www.astropublishing.com

copyright
Tutti i diritti sono riservati.
Né parte della rivista né
l'intera rivista può essere
copiata, riprodotta, rielabo-
rata e diffusa senza il per-
messo scritto dell'editore.
Qualunque violazione del
copyright sarà perseguita a
termini di legge.

assistenza legale
Studio Legale d'Ammassa
& Associati
Milano - Via V. Monti, 5/A
Bologna - Via degli Orti, 44

nota/note
L'editore si rende disponi-
bile con gli aventi diritto per
eventuali fonti iconografiche
i cui titolari non siano stati
individuati.
The publisher makes availa-
ble itself with having rights
for possible not characteri-
zed iconographic sources.

collaborazioni
Per collaborare con questa
rivista, gli autori possono
inviare proposte dettagliate
a: [direzione@astropubli-
shing.com](mailto:direzione@astropubli-
shing.com). Non si garantisce
la pubblicazione del mate-
riale fornito.



IN COPERTINA

Spettacolare immagine ripresa dalla sonda Hinode (con il Solar Optical Telescope) l'11 novembre 2006, che mostra la struttura fine di una protuberanza a livello cromosferico, al di sopra di una cella convettiva della fotosfera. Nell'articolo di apertura diamo un quadro aggiornato su questa affascinante fenomenologia solare. [JAXA/NASA]

editoriale

di Michele Ferrara

4

mondo astrofilo

AA.VV.

6

Colpi di Sole

di Stefano Sello

20

Citizen Science

di Gianfranco Benegiamo

34

L'illusione della Luna - PARTE SECONDA

di Stefano Vezzani

44

astronautica

di Paolo Laquale

54



Quando la scienza è divertente

Come già anticipato sul numero scorso, è uscito come supplemento a questo numero de *l'Astrofilo* il primo fumetto scientifico educativo di una serie di nove numeri, con i quali intendiamo sensibilizzare i più giovani verso tematiche particolarmente attuali che riguardano il nostro ecosistema.

I fumetti scientifici educativi, definiti genericamente *science comics*, si affermano in Giappone già a partire dagli anni Venti, grazie alla lungimirante opera della Seibundo Shinkosha Publishing, una casa editrice che lancia sul mercato il mensile per ragazzi *Kodomo no Kagaku* (Scienza per ragazzi). Da allora, i tentativi di coinvolgere le giovani generazioni nei temi della scienza si sono moltiplicati, anche se dalle nostre parti sono sicuramente arrivati più cartoni animati diseducativi che non fumetti educativi. Di questi ultimi, il grande pubblico forse conoscerà *Cindi in Space* (dove Cindi è l'acronimo di Coupled Ion Neutral Dynamics Investigation), un fumetto che racconta l'avventura di un androide nella ionosfera; altrettanto nota dovrebbe essere la serie di science comics di Larry Gonick. Ma fra tutti, quelli che a noi sono sembrati i lavori più interessanti e adatti ad essere portati a conoscenza dei nostri

lettori sono i fumetti disegnati dalla giapponese Hayanon e curati nei contenuti scientifici dal Solar-Terrestrial Environment Laboratory della Nagoya University (STEL).

Il tema centrale è la conservazione dei delicati equilibri che regolano l'ambiente in cui viviamo, equilibri regolati principalmente dal Sole e messi in pericolo dalle attività umane. Il primo numero che proponiamo è incentrato sul sempre attuale riscaldamento globale, e attraverso la curiosità della scienziata dilettante Mol e del suo cane robotico Mirubo vedremo a quali rischi può portare un innalzamento delle temperature e le soluzioni che si possono adottare per evitarli. Dopo questo primo tema, affronteremo nei mesi a seguire altri argomenti di sicuro interesse, come il buco nell'ozono, la natura delle aurore, del campo geomagnetico, dei raggi cosmici, del vento solare, e andremo a conoscere (non necessariamente in quest'ordine) le regioni polari, l'alta atmosfera e le relazioni Sole-Terra.

Hayanon inizia a pubblicare la sua celebre serie di fumetti nel 2003 e presto l'iniziativa viene fatta rientrare nel programma

internazionale CAUSES (Climate And Weather of the Sun-Earth System), finanziato da SCOSTEP (Scientific Committee on Solar-Terrestrial Physics, proprietario del copyright) e coordinato dalla Boston University col supporto della U.S. National Science Foundation (NSF). Tali e tante istituzioni possono apparire un'esagera-



zione per una serie di fumetti, ma in realtà ciò ci fa semplicemente capire quanto tutto ciò sia tenuto in considerazione in una certa parte del mondo (Giappone e USA) e quanto invece si è pressoché ignorato altrove.

aveva promosso la traduzione e la stampa di sei volumi, che purtroppo non hanno trovato una collocazione adeguata all'impegno profuso. Noi di Astro Publishing, in collaborazione con lo stesso Candidi, riprendiamo quel discorso promuovendo la

tornare particolarmente utili agli insegnanti di materie scientifiche, ai conferenzieri, ai responsabili di planetari e osservatori pubblici. Chiunque fosse interessato a riceverle per utilizzarle nella sua attività di educatore o divulgatore, può richiederle direttamente a Maurizio Candidi (maurizio.candidi@ifsiroma.inaf.it), che si è gentilmente offerto di evadere tutte le richieste che riceverà, fino ad esaurimento scorte.

Sebbene i fumetti di SCOSTEP siano pensati per un pubblico decisamente giovane, la loro lettura non farà sicuramente

male nemmeno ai più grandi, perché gli argomenti

trattati non sono sempre elementari

come erroneamente si può immaginare, anzi, a tratti sembrano rivolgersi non solo a chi l'infanzia l'ha ormai dimenticata, ma anche a chi ha conoscenze della fisica non del tutto trascurabili. Possono sicuramente fornire degli spunti di ricerca per gli studenti della scuola dell'obbligo, così come motivi di riflessione per chi attua comportamenti non proprio in linea con la sostenibilità del mondo in cui inevitabilmente dobbiamo vivere.

Un personale ringraziamento al Dr. Pallamraju Duggirala, della Boston University, per averci accordato il permesso di diffondere i fumetti di SCOSTEP attraverso il nostro sito.

Michele Ferrara



diffusione dei fumetti attraverso il nostro sito Internet, previo aggiornamento dei contenuti e del layout.

Non solo: come dicevamo, esistono parecchie copie stampate di alcuni dei fumetti che andremo a proporre mensilmente, copie che possono

Nel Bel Paese nessuna istituzione si smuoverebbe nemmeno per molto di più e l'unica eccezione di cui ci è dato sapere è il lavoro coordinato da Maurizio Candidi, dell'Istituto di Fisica dello Spazio Interplanetario dell'INAF, proprio sulla serie di Hayanon, della quale anni fa



IN VENDITA IL DIARIO DI ANATOLI N. BEREZOVY

**211 giorni nello spazio
13 maggio-10 dicembre 1982
Stazione Spaziale Orbitale
Salyut-7**

Edizione UNICA e ORIGINALE
Dimensione cm 12 x 18,5 -
dorso cm 2 Pagine 92+4 finali
Lingua russa a caratteri cirillici
Scritto dal 22 giugno al 29 novembre 1982.

Da tanto tempo cercavo di scrivere tutto quello che mi aveva impressionato durante questi giorni trascorsi in volo, ma non sono riuscito. Il lavoro da svolgere è moltissimo. Solo ora incomincio a scrivere e in questo momento è da poco passata la mezzanotte. Ora tutto è più tranquillo e sembra un momento di quiete prima della tempesta [...]

Inizia così il Diario di Anatoli N. Berezovoy, 51° Pilota e Cosmonauta sovietico, scritto dal 22 giugno al 29 novembre 1982, un racconto intimo ed affascinante delle sue esperienze come Comandante della spedizione Elbrus durante i 211 giorni (13 maggio-10 dicembre 1982) a bordo della Stazione Spaziale Orbitale Salyut-7.

In 92 pagine di dialogo scritto "in prima persona", Berezovoy, rivolgendosi alla moglie Lidia, racconta in modo diretto e umano della sua vita, dei suoi valori, dei suoi desideri e dei suoi problemi durante la lunga permanenza a bordo, con la quale il Comandante e l'Ingegnere di bordo Valentin Lebedev oltrepassarono il record di durata di un volo spaziale, mai raggiunto fino a quel momento.

Il diario cattura l'unicità del vivere nello spazio, la tristezza della solitudine e della lontananza dalla famiglia, la pesantezza del lavoro quotidiano, la preoccupazione per i problemi di salute, e traccia un amaro resoconto delle difficoltà di sopravvivenza a rotture nell'equipaggiamento a bordo e delle incomprensioni con il suo compagno di volo e con gli addetti ai collegamenti Terra-Stazione. Dalla descrizione dei collegamenti radio e TV, degli esperimenti biologici, geografici e astrofisici e dei test medici si percepisce l'intenso desiderio del cosmonauta per il successo della missione e l'importanza della stessa per lo sviluppo

della cosmonautica sovietica e mondiale.

Un racconto che rende partecipi dei sentimenti di orgoglio e preoccupazione provati di fronte alla comunicazione a bordo del prolungamento del volo, da 172 a 211 giorni, record assoluto per il 1982, e allo stesso tempo di speranza nella richiesta di comprensione alla sua amata Lidok (così teneramente denominata la moglie Lidia).

È proprio con lei che nelle sue pagine Berezovoy "dialoga" e "parla" della sua vita quotidiana, dei suoi sogni al rientro, del loro futuro insieme, dell'amore verso i figli, la piccola Tania (Taniusha), 8 anni il 15 luglio, e il figlio quasi tredicenne Sergei (Seriozha), della sua passione per la fotografia e per quel "gioco fantastico di giorno e di notte" che è l'osservare la Terra dall'oblò della stazione spaziale, dell'ansia e della gioia, "un bicchiere d'acqua fresca nella rovente steppa", per l'arrivo delle navicelle di rifornimento e di conseguenza per l'apertura dei sacchi contenenti i giornali, le riviste e la posta. Nella storia postale spaziale proprio a Berezovoy è riconducibile, con ogni probabilità, la prima corrispondenza scritta Spazio-Terra.

Il Diario di Anatoli N. Berezovoy è un intenso ed emozionante racconto che mostra il vero lato umano del "vivere nello spazio".

La vendita è a trattativa privata con scadenza il 15 dicembre 2009. Per ricevere ulteriori informazioni sui contenuti del diario potete rivolgervi direttamente a Vaccari Editore, Vignola (MO), tel. 059771251, e-mail info@spacediary.info. Referente Silvia Vaccari.



La Sator Astronomia S.r.l è lieta di presentarvi le seguenti OFFERTE, tutte in PRONTA CONSEGNA, valide fino ad esaurimento scorte:

- W.O. Ferrari ZenithStar Racing Full Pac...569 Euro**
- W.O. FLT110 focuser da 4" e valigia.....1.990 Euro**
- TMB/LZOS APO 130 f/6 Lens In Cell.....2.599 Euro**
- Astro-Physics Mach1 GTO-CP3.....5.800 Euro**
- Astro-Physics AP1200 GTO-CP3.....9.750 Euro**
- Losmandy TITAN 50 GoTo Gemini.....7.300 Euro**
- Losmandy G11 con DA1 (ExDemo).....2.150 Euro**

SCONTI per Associazioni ed acquisti multipli

Progettazione Ottica di Sistemi Custom

Test Interferometrici e Controlli di qualità

Newton Lightweight fino a 50" di diametro

Visitate il nostro sito presto altre GRANDI novità:

www.sator-astronomia.it

NortheK[®]

Instruments - Composites - Optics

Ritchey Chrétien Cassegrain classici Dall Kirkham Newton
Rifrattori acromatici Rifrattori aplanatici a contatto in olio

**intubazioni in compositi
meccaniche di alta
e altissima precisione**

**produzione con
progetti personalizzati
e di serie**

**ottiche a riflessione
anche
customizzate**

www.northeK.it

info@northeK.it

tel. +39 (0)1599521



ASTRI E PARTICELLE *le parole dell'universo*

Fino al 14 febbraio 2010. Palazzo delle Esposizioni ROMA

Realizzata dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, dall'Istituto Nazionale di Astrofisica e dall'Agenzia Spaziale Italiana, con la direzione scientifica di Roberto Battiston.

Quattro secoli fa Galileo Galilei puntava per la prima volta verso il cielo il suo cannocchiale e cambiava per sempre il nostro modo di osservare l'Universo. In occasione della celebrazione di quel rivoluzionario gesto scientifico, l'Azienda Speciale Palaexpo, l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, l'Istituto Nazionale di Astrofisica e l'Agenzia Spaziale Italiana presentano al Palazzo delle Esposizioni di Roma una grande mostra che racconta la scienza, gli uomini e i grandi esperimenti che oggi studiano il Cosmo.

In mostra potrete trovare telescopi e rivelatori di radiazione cosmica, ospitati negli ambienti più estremi del pianeta per decifrare e interpretare le parole dell'Universo.

Si tratta di uno dei più grandi eventi di scienze astronomiche e aeronautiche inerenti all'IYA 2009, colmo di incontri, conferenze, mostre, spettacoli, rassegne etc. etc. Per motivi di spazio abbiamo inserito il programma dettagliato direttamente sul nostro sito, all'indirizzo www.astropublishing.com/ap.pdf. Ulteriori informazioni possono essere chieste a: Palazzo delle Esposizioni - Roma, via Nazionale 194 - email info@palazzo-esposizioni.it.



Le olimpiadi di astronomia



Aggiornamento sui prossimi appuntamenti delle Olimpiadi dell'Astronomia 2010:

23 dicembre 2009: classifiche dei vincitori della preselezione e convocazione alla gara interregionale;

22 febbraio 2010: gara interregionale scritta di tre ore (nelle sedi interregionali);

1 marzo 2010: classifica degli ammessi alla gara nazionale;

18 aprile 2010: gara finale nazionale (Torino);

fine maggio 2010: formazione della squadra nazionale (max 5 elementi);

fine estate: stage di approfondimento 2010 (sede da definire);
autunno 2010: XV gare internazionali.

Per qualunque altra informazione: www.oats.inaf.it/olimpiadi

Vedere la Scienza Festival

Il Festival Internazionale del Video, del Film e del Documentario Scientifico torna a Milano dal 22 al 28 marzo 2010. Come di consueto la manifestazione ospiterà la rassegna (ormai al quattordicesimo anno

di svolgimento) e un concorso internazionale a cui sono ammessi film, documentari e video di informazione, divulgazione e promozione a carattere scientifico e tecnologico (escluse le opere prodotte per addestramento e aggiornamento tecnico-professionale).

Vedere la Scienza Festival significa ogni anno un evento interamente dedicato al film e al documentario scientifico, unico nel suo genere in Italia.

20 Paesi di tutto il mondo partecipanti, una ventina di ospiti italiani e stranieri di rilievo internazionale, un gran numero di prime proiezioni per l'Italia, un concorso internazionale e una rassegna storica con titoli rari e classici della storia del cinema.



Al concorso possono partecipare opere inedite oppure già trasmesse o distribuite, purché prodotte dopo il 1° gennaio 2008 per le seguenti categorie:

- A - Film e film-documentari;
- B - Documentari per il piccolo e grande schermo e per la distribuzione home video;
- C - Documentari realizzati da musei scientifici, science center, istituti ed enti di ricerca scientifica pubblici e privati, scuole e accademie;
- D - Video creati per il web, per

web TV e videotelefonati;

E - Video pubblicitari, promozionali e spot.

Televisioni, case di produzione, produttori indipendenti, istituti di ricerca e università, aziende e agenzie, scuole, accademie e musei possono iscrivere una o più opere al Festival. **Il termine ultimo per iscrivere le opere è il 30 dicembre 2009** (informazioni e bando disponibili all'indirizzo www.brera.unimi.it/festival).

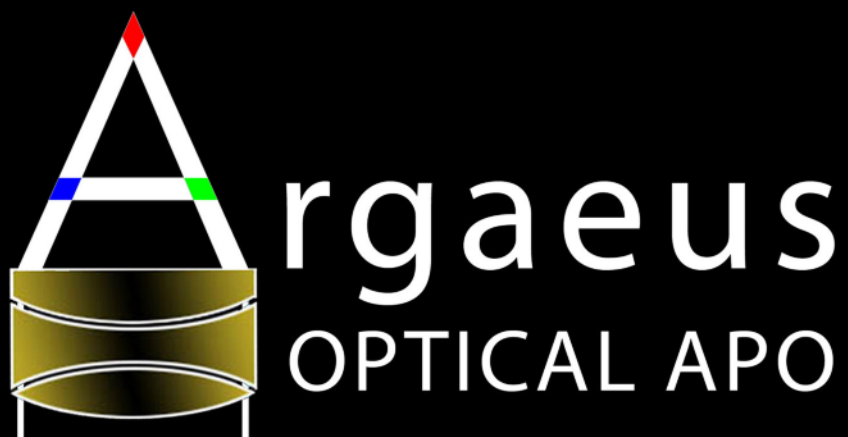
Una Giuria Internazionale composta da personalità scientifiche, esperti di comunicazione scientifica, del film e dei media, giudicherà i titoli ammessi al concorso. La migliore produzione per ciascuna delle categorie riceverà un premio, tra i 2000 e i 500 euro, con attestato.

Le sessioni di proiezione e presentazione saranno aperte alla partecipazione del pubblico, con ingresso libero e gratuito; sono altresì previsti presentazioni, commenti e dibattiti.

Informazioni e Regolamento:
Dipartimento di Fisica - Università degli Studi di Milano
Vedere la Scienza Festival
Via Brera, 28 - 20121 Milano
e-mail: vederelascienza@unimi.it

Le conferenze della Ass. Astr. Alta Valdera

La AAV, Ass.ne Astrofili Alta Valdera comunica il calendario dei prossimi incontri a tema che si svolgeranno presso il Centro Astronomico di Libbiano (Comune di Peccioli - PI) con inizio alle ore 21:15 (ingresso libero). Questi gli appuntamenti:



La nuova gamma di strumenti di altissima qualità

APO e semi-APO

Binocoli da 70 a 100 mm
Telescopi da 80 a 130 mm

www.argaeus.com



Telescopi Astronomici

Star Novel presenta la sua completa linea di
Telescopi Rifrattori (Acromatici ed Apocromatici)
Riflettori Newtoniani e Maksutov-Cassegrain



Rifrattore Novel-60 D60/F700

Diametro: 60mm
Focale: 700mm
Rapporto Focale: f/11.6
Cercatore: 5x24
Montatura: Altazimutale
Treppiede: In Alluminio
Oculari in dotazione: K9mm e K20mm
Accessori inclusi: Specchio Diagonale 90°
Lente di Barlow 3x
Borsa Morbida



Rifrattore Novel-900 D70/F900

Diametro: 70mm
Focale: 900mm (f/13)
Focheggiatore: Standard 31.8mm
Cercatore: 5x24
Montatura: Equatoriale EQ-4
Treppiede: In Alluminio
Oculari in dotazione: H6mm e H20mm
Accessori in dotazione: Specchio Diagonale 90°
Disponibile anche D70mm F700 (f/10)



Rifrattore Progress D90/F900

Diametro: 90mm
Focale: 900mm (f/10)
Montatura: equatoriale EQ-7 motorizzabile in A.R.
Treppiede: in alluminio
Focheggiatore: Standard 31.8mm
Cercatore: 6x30
Oculari in dotazione: K6mm e K20mm 31,8mm
Diagonale: a specchio 90°
Disponibili anche D90/F500 e D80/F640



Rifrattore Sky-Open 1000 D102/F1000

Diametro: 102mm (trattamento antiriflesso multistrato)
Focale: 1000mm (f/9.8)
Focheggiatore: Standard 50.8mm (2")
Cercatore: 8x50
Montatura: Equatoriale EQ-3 motorizzabile in A.R.
Treppiede: In Alluminio
Oculari in dotazione: Pl 6.5mm D31.8 e Pl 20mm D31.8
Accessori in dotazione: Adattatore per oculari D31.8
Specchio Diagonale 90°
Disponibile anche D102/F660



Rifrattore Planet-1200 D152/F1200

Diametro: 152mm
Focale: 1200mm (f/8)
Focheggiatore: Standard 50.8 (2")
Cercatore: 8x50
Montatura: EQ-5 Motorizzabile in A.R. e DEC.
Cannocchiale Polare: con reticolo illuminato
Oculari in dotazione: PL 6.5mm PL 20mm D31.8
Accessori inclusi: Adattatore per Oculari D31.8
Specchio Diagonale 90°
Disponibile anche D152/F990 e D152/F760



Rifrattore APO Apology-127 D127/F952

Diametro: 127 mm Tripletto Apocromatico ED
Focale: 952 mm (f/7.5)
Focheggiatore: Standard 50.8 mm (2")
Cercatore: illuminato 8x50 con visione raddrizzata
Montatura: Equatoriale motorizzabile in AR e DEC
Treppiede: cilindrico in alluminio
Oculari: WA 8mm - WA 10mm - WA 20mm D31.8
Accessori: Diagonale 90° diametro 50.8mm (2")
Disponibile anche D102/F700 e D80/F480



Riflettore Planet-254 D254/F1150

Diametro: 254mm
Focale: 1150mm (f/4.6)
Ottica: Specchio Parabolico
Focheggiatore: Standard 50.8mm (2")
Cercatore: 8x50
Montatura: EQ-5 Motorizzabile in A.R. e Dec.
Treppiede: In Alluminio
Oculari in dotazione: PL 6.5mm e PL 20mm D31.8
Disponibili anche D200/F900 e D150/F900



Riflettore Planet-820 D127/F820

Diametro: 127mm
Focale: 820mm (f/6.5)
Focheggiatore: Standard 50.8mm (2")
Cercatore: 8x50
Montatura: EQ-5 Motorizzabile in A.R. e Dec.
Cannocchiale Polare: con reticolo illuminato
Treppiede: In Alluminio
Oculari in dotazione: Pl 6.5mm e Pl 20mm D31.8
Accessori inclusi: Adattatore per Oculari D31.8
Specchio Diagonale 90°



Rifrattore Star-500 D90/F500

Diametro: 90 mm (Ottica Acromatica)
Focale: 500 mm (f/5.6)
Focheggiatore: Standard 31.8mm
Cercatore: 5x24
Montatura: Altazimutale
Treppiede: in alluminio
Oculari: H6/H20mm D 31.8 mm
Accessori: Prisma diagonale 90° D 31.8 mm
Lente di Barlow 2x
Disponibile anche D80mm F400mm (f/5)



Riflettore Globe-1000 D130/F1000

Diametro: 130mm
Focale: 1000mm (f/7.7)
Focheggiatore: Standard 50.8mm (2")
Cercatore: 6x30
Montatura: EQ-3 Motorizzabile in A.R.
Treppiede: In Alluminio
Oculari in dotazione: PL 6.5mm e PL 20mm D31.8
Accessori in dotazione: Adattatore oculari D31.8
Disponibile anche D130/F650



Maksutov Globe-Mak-1900 D150/F1900

Diametro: 150mm
Focale: 1900mm (f/12.6)
Focheggiatore: Standard 50.8mm (2")
Cercatore: 8x50 illuminato
Montatura: Equatoriale Motorizzabile in A.R.
Treppiede: tubolare in Alluminio
Oculari in dotazione: PL 6.5mm e PL 20mm D31.8
Accessori Inclusi: Specchio Diagonale 90° D50.8 mm
Disponibili anche D100/F1400 e D203/F2500

Star★Novel

Via Palazzina, 18 - Loc. Belvedere
37024 ARBIZZANO (VR)
Tel: 045-6020750 - FAX: 045-7513315
E-mail: info@starnovel.com
Web: www.starnovel.com

Giovedì 17 dicembre: IL SOLE DA GALILEO AL XXI SECOLO. Il Sole è uno degli oggetti più osservati da Galileo: dalle sue scoperte a quello che ne sappiamo oggi, la sua nascita, la sua vita e la sua evoluzione futura (a cura di D. Antonacci).

Giovedì 28 gennaio 2010 LE STELLE VARIABILI. Caratteristiche e classificazione. Nella serata si imparerà a misurarne la variazione di luminosità con semplici esempi pratici (a cura di Paolo Bacci).
Giovedì 25 febbraio 2010

IL "SIGNORE DEGLI ANELLI" Il pianeta più affascinante del sistema solare: Saturno. Dai disegni di Galileo alle immagini riprese dalle moderne sonde spaziali (a cura di Alberto Villa). Per informazioni sulle nostre attività www.astrofilialtavaldera.it.

GRAVEDAD CERO

400 ANNI DOPO LE PRIME SCOPERTE DI GALILEO NASCE IL CARNEVALE DELLA FISICA

Con il Patrocinio dell'UAI (Unione Astrofili Italiani).

Il 30 di ogni mese appassionati divulgatori della scienza si riuniscono per promuovere la fisica e le scienze in maniera originale e divertente.

Il Carnevale della Fisica è un'iniziativa ideata dalle redazioni dei blog Gravedad Cero (Spagna) e Gravità Zero (Italia), ispirata al modello dei Carnival of Mathematics e nata per promuovere la comprensione della scienza rivolta al grande pubblico.

Il 30 di ogni mese decine di blogger e autori si riuniscono sulla Rete segnalando articoli e post che abbiano come filo conduttore la fisica, raccogliendo in

un blog ospite gli articoli che vengono segnalati, presentandoli brevemente. I temi possono riguardare tutte le discipline legate alla fisica (fisica teorica, meteorologia, nanotecnologie, biofisica, astrofisica etc.), ma anche letteratura e arte (storia, poesia, teatro, musica), recensioni di altri blog, libri, film che abbiano come tema centrale la fisica. L'obiettivo è far conoscere siti e blog scientifici, sviluppare collaborazioni, far conoscere e apprezzare la fisica in tutti i suoi aspetti e soprattutto fare buona scienza. Per l'occasione è stato attivato un social network su cui tutti possono lasciare appunti, osservazioni, foto, video o che può essere utilizzato per postare i contributi anche da chi non possiede un blog personale: <http://carnevaledellafisica.ning.com>. Il Carnevale della Fisica nasce

ufficialmente il 30 del mese di novembre 2009. La data non è casuale. Quattrocento anni prima di tale data, infatti, Galileo Galilei sollevava il suo cannocchiale al cielo, osservando per la prima volta l'oggetto notturno più brillante del firmamento: la Luna.

L'Unione Astrofili Italiani (sito www.uai.it) patrocina l'iniziativa che partirà contemporaneamente in Spagna sul blog www.gravedad-cero.org e in Italia sul blog www.gravita-zero.org e nei mesi successivi verrà ospitata su nuovi blog e siti web che man mano si affiancheranno.

Siti proponenti
www.gravita-zero.org -
www.gravedad-cero.org
e-mail: ITALIA: redazione@gravita-zero.org
SPAGNA: ferri@ieec.uab.es
roi.oliva@gmail.com

13

GRAVITÀ ZERO

COMUNICAZIONE SCIENTIFICA & TRASFERIMENTO TECNOLOGICO

Gruppo Astrofili Lariani didattica nelle scuole

Il Gruppo Astrofili Lariani è un sodalizio impegnato da oltre 30 anni nella divulgazione della scienza astronomica in ambito regionale e nazionale.

I suoi soci hanno all'attivo centinaia di conferenze presso enti, biblioteche, università e istituti scolastici di ogni grado (dalle materne alle superiori), la stesura di decine di articoli scientifici su portali Internet e riviste specializzate e la realizzazione di una dozzina di libri di astronomia, tradotti anche in lingua spagnola e francese.

Sulla base di questa lunga esperienza i soci del GAL propongono agli istituti di ogni ordine e grado le seguenti **esperienze didattiche e divulgative per l'anno scolastico 2009-2010:**

- lezioni su storia dell'astronomia, geografia astronomica, mitologia celeste, astronautica, sistema solare;
- lezioni su evoluzione stellare, buchi neri, supernovae;
- lezioni su altri argomenti di astronomia o scienza generale da concordare;
- lezioni in uno spazio molto ben oscurato con un piccolo planetario che proietta le costellazioni sulle pareti o sul soffitto;
- lezioni presso il planetario ubicato all'interno del Centro Civico di Solzago di Tavernerio;
- uscita osservativa diurna dedicata al Sole e alla Luna c/o l'istituto scolastico (con uno o più telescopi);
- uscita osservativa notturna c/o l'istituto scolastico (con uno o più telescopi);
- uscita osservativa notturna ad

Albavilla c/o l'Alpe del Viceré (con uno o più telescopi);

- uscita osservativa notturna o diurna c/o il nostro osservatorio astronomico sul Monte Galbiga, Lenno, (con uno o più telescopi).

Per maggiori informazioni contattare il seguente numero: 320 055 7368 o scrivere alla seguente casella di posta elettronica: luigi.viazzo@email.it

Manifestazioni galileiane a Macerata

**"IL SIDEREUS NUNCIUS DI
GALILEO E LA RIVOLUZIONE
SCIENTIFICA"
12-13-14 marzo 2010**

Nell'ambito delle manifestazioni: "Macerata città della scienza galileiana 2010", [EAN](http://www.ean.it), in collaborazione con il Liceo Scientifico "Galileo Galilei" e l'associazione astrofili Crab Nebula, partecipa all'organizzazione delle manifestazioni per il meeting galileiano che avrà luogo nella bellissima città marchigiana nella settimana **dal 7 al 14 marzo 2010**. tutti gli appassionati di scienza e di astronomia sono invitati a partecipare!

Ecco il **programma di massima** delle Manifestazioni galileiane di MACERATA (ancora ampiamente soggetto ad aggiustamenti, aggiunte e correzioni):

MEETING GALILEIANO

Venerdì 12 marzo ore 21:00, apertura del Meeting e conferenza di Alberto Righini, Auditorium San Paolo, "Il Sidereus Nuncius di Galileo Galilei, Patrizio Fiorentino" (titolo provvisorio).
Sabato 13 marzo, dalle 9:30, conferenze a invito sul tema: "Il Sidereus Nuncius e la Rivolu-

zione scientifica", seguite da un dibattito e da una tavola rotonda. Ospiti dell'Università di Bologna, Firenze, etc.

TEATRO GALILEIANO

Sabato 13 marzo, ore 21:00 - 22:30, rappresentazione teatrale proposta dagli studenti del Liceo scientifico "Galileo Galilei" di Macerata: "Lecture di testi della Rivoluzione scientifica, da Galileo a Newton" con testi estratti dal Sidereus Nuncius, dal "Galileo" di Brecht, da Kepler, Della Porta, etc.

CONVEGNO DI ASTRONOMIA

Domenica 14 marzo, dalle 9:30 alle 13:00, Interventi e dibattito sul tema: "L'astronomia d'osservazione in Italia. Idee e proposte". Interverranno astronomi professionisti, amatori e giornalisti che discuteranno sul futuro dell'astronomia nel nostro Paese e per fare il punto dell'astronomia "operativa" in Italia a diversi livelli, dal professionale all'amatoriale, per capire dove sta andando. Si cercherà anche di rispondere a domande del tipo: perché l'astronomia non ha più quell'appeal così splendente, che la caratterizzava fino alla seconda metà degli anni Novanta? Cosa si può fare per risollevare un settore che in ogni suo aspetto è letargico e in piena crisi di idee e di progetti?

MOSTRA DEL LIBRO ANTICO DI ASTRONOMIA

Dal 1° marzo, presso la Biblioteca Comunale Mozzi-Borgetti di Macerata, la mostra del libro antico: "Galileo e la Rivoluzione scientifica nei libri della Biblioteca Mozzi-Borgetti". La biblioteca conserva alcune delle opere di astronomia più rare e pregiate pubblicate tra la fine del Quattrocento e gli inizi del Settecento. Tra le opere in

TecnoSky



Obiettivi T.K.L.



Zoom 650-1300mm-attacco T2-249€

85mm Asferico F1.4
attacco Canon o Nikon 299€



Catadiottrico T2 500mm F6,3 149€
Catadiottrico T2 800mm F8.0 229€



500ED preset F8
169€

FishEye
8mm!!



Nuovo Modello 25x100 RPO 251F

Predisposto per Filtri Nebulari UHC da 31,8mm (1,25")

Binocolo con sede filettata di serie

Elevata estrazione pupillare - Ottiche Multitratte FMC - Prismi BAK4

Waterproof con riempimento di Azoto

Durevole struttura in Alluminio

Rivestimento in gomma rinforzata - Antiurto (Shock resistant)

Messa a Fuoco Centrale - Valigia Rigida in Alluminio Inclusa

Ideale per ricerca comete, osservazioni astronomiche a largo campo o naturalistiche su lunghe distanze e in condizioni di scarsa visibilità.

Rifrattore ED70

Compatto rifrattore apocromatico con obiettivo ED da 70 mm e rapporto focale F/6. Ideale per fotografia a largo campo con fotocamere reflex o come compagno di viaggio, data la sua notevole compattezza. Il fuocheggiatore è un Crayford da 2" con manopola di riduzione 1:10. Il paraluce è scorrevole per ridurre l'ingombro e sotto al tubo è presente una basetta con 2 fori a passo fotografico per il fissaggio su treppiede o telescopi. Valigia inclusa.



Astrografi Ritchey Chrétien

203/1625 mm f/8 oppure 152/1370 mm f/8 di elevata qualità: lo schema ottico garantisce un campo piano e privo di coma, cromatismo e altre aberrazioni ottiche. La qualità ottica è superiore a 1/12λ sulla superficie con trattamento riflettente al 99%.

Orion UK



Dobson 20"
1/6 PTV
Hi-Lux



Astrografo Avanzato
F3,8 Hi-Lux
Spianatore ED 4 elementi

Dall-Kirkham
Ottimizzato
F6,8 Spianato
1/8 pTV Hi-lux



Orion USA



CCD 6,1mp a colori
prezzo imbattibile



Orion XX12
Intelliscope

NOVITA'

Super Star Theatre

Primo planetario portatile che mostra 45.000 stelle individuali (sino a magnitudine 8), in aggiunta alle innumerevoli micro stelle che compongono la via lattea

A casa tua un autentico planetario con oltre 100.000 stelle che puoi programmare sul giorno e l'ora che vuoi. Super Star Theatre è il planetario portatile più avanzato che ti consente una visione eccezionalmente nitida e brillante del cielo notturno anche in ambienti non perfettamente oscurati. La volta celeste ruota a tre diverse velocità e le stelle cadenti ti sorprenderanno con la loro repentina traiettoria. Chiedigli di mostrarti il cielo stellato nel giorno e nell'ora di tua scelta!

CARATTERISTICHE TECNICHE

- » **Misure:** 24 cm x 28,5 cm x 24 cm
- » **Peso:** circa 2,7 kg
- » **Fonte luminosa:** led bianco ad alta luminosità (14 watt)
- » **Superficie di proiezione:** soffitto, parete o altre superfici piane
- » **Distanza di proiezione:** 200-230 cm (messa a fuoco regolabile)
- » **Area di proiezione:** un cerchio di circa 300 cm di diametro
- » **Angolo di proiezione e messa a fuoco regolabili**
- » **Telecomando** per attivare le principali funzioni e impostare il cielo alla data e ora desiderata
- » **Funzione stelle cadenti** randomizzata
- » **Dettagli:** unità principale, 3 dischi dell'emisfero boreale: 2 monocromatici (cielo notturno con 120.000, e cielo notturno con le linee delle costellazioni), 1 a colori (cielo notturno con 120.000), alimentatore AC, telecomando, tappo della lente, manuale di istruzioni, guida delle costellazioni.



www.startheatre.it
www.natura-e.com

mostra, *La Sphaera Mundi* di Sacrobosco nell'edizione veneziana del 1490, l'edizione londinese del *Sidereus Nuncius* (1653) e un bellissimo esemplare dell'*Astronomicum Caesareum* (1540) di Petrus Apianus. Della mostra sarà realizzato un catalogo digitale disponibile su DVD.

MOSTRA "COSE MAI VISTE"

Dal 1° al 14 marzo, mostra: "Cose mai viste. Galileo, fascino e travaglio di un nuovo sguardo sul mondo". È una proposta di mostra didattica su Galileo, nel 400esimo anniversario delle prime osservazioni al cannocchiale. È stata curata dall'Associazione Euresis con il contributo di grandi ricercatori italiani e stranieri. È composta da 15 pannelli di dimensioni 100x70 cm.

MOSTRA FOTOGRAFICA: "DAL TRAMONTO ALL'ALBA" DI MARCO MENIERO

Dal 1° al 14 marzo, Mostra dell'astrofotografo Marco Meniero, "Dal tramonto all'alba", ovvero metafora del ciclo della vita in trenta immagini: dalla nascita alla morte dell'umanità ponendo in relazione il mondo cosmico con i nostri sentimenti. Lo spettatore viene trascinato dalle luci del crepuscolo serale fino all'aurora volando tra gli astri del firmamento. Le fotografie sono state scelte con lo scopo di affascinare e ammaliare. Le immagini descrivono fenomeni inusuali per la nostra vita quotidiana e contemporaneamente ci comunicano suggestioni ed emozioni che, come un brano musicale, interpretano le vibrazioni del nostro stato d'animo.

LA SCIENZA IN PIAZZA: MOSTRA DI "OGGETTI MATEMATICI E FISICI" REALIZZATI

DAGLI STUDENTI DEL LICEO

Nel pomeriggio di **sabato 13** e nella mattinata di **domenica 14**, sotto le logge, in piazza a Macerata, gli studenti del Liceo Scientifico metteranno in mostra "oggetti matematici e fisici" da loro costruiti. Tra questi ci saranno delle ricostruzioni del piano inclinato, del compasso geometrico e militare e del gioiello di Galileo.

CONCERTO DI MUSICA CLASSICA ISPIRATA ALL'ASTRONOMIA

Musiche dal 1600, epoca di Vincenzo Galilei, a oggi - **14 marzo**, Macerata (ora e luogo da decidere). Per lo svolgimento del concerto è prevista la partecipazione di un compositore che presenterà brani musicali, tra i quali uno inedito scritto per l'occasione, attraverso un excursus storico-visivo delle scoperte astronomiche più importanti dal 1600 a oggi con proiezione di immagini astronomiche.

Gruppo Amici del Cielo calendario attività

Tutte le riunioni, ove non diversamente indicato, avranno luogo **alle ore 21:00 in sede**, via G. Leopardi, 1 - Barzago (LC). Ingresso libero.

Giovedì 3 dicembre conferenza: "Lo Space Shuttle - ieri, oggi e... domani?" di D. Pezzella.

Giovedì 17 dicembre corso di formazione. "Astronomia Pratica: 5ª lezione" di M. Beretta.

Giovedì 14 gennaio 2010 serata "Amarcord: L'astronomia pre-digitale" con proiezione di foto dei Soci.

Per informazioni:

didattica@amicidelcielo.it.

Eventuali cambiamenti saranno prontamente comunicati alle riunioni, in mailing list e pubblicati sulla bacheca presso la sede e sul sito Internet: www.amicidelcielo.it.

Conferenza del Nobel Smoot a Milano

LA PRIMA LUCE DELL'UNIVERSO
L'avventura della cosmologia contemporanea

Il **3 dicembre 2009**, a Milano, presso l'Auditorium Gaber, gratiaco Pirelli, Piazza Duca d'Aosta, si terrà una conferenza del Prof. George Smoot (Lawrence Berkeley Laboratory, University of California), Premio Nobel per la Fisica nel 2006.

Nella sua conferenza il Prof. Smoot tratterà un quadro delle più recenti scoperte sull'origine e l'evoluzione dell'universo, indicando anche prospettive di grande interesse per giovani interessati allo studio delle discipline scientifiche.

Su questi temi le Università, gli Enti di Ricerca e l'industria spaziale dell'area milanese svolgono un ruolo significativo a livello internazionale.

L'evento è organizzato da: Associazione Euresis, Centro Culturale di Milano, in collaborazione con la Presidenza della Regione Lombardia, il Dipartimento di fisica, Università degli Studi di Milano e con il patrocinio dell'ASI.

Ingresso libero.

Per la migliore riuscita dell'evento è necessario registrarsi sul sito www.cmc.milano.it e presentarsi presso la Sala della conferenza almeno un quarto d'ora prima dell'inizio.



Da Galileo al 2009 - Il telescopio e il cammino verso la conoscenza

**Quartiere fieristico di Forlì
Forlì, 5 - 6 dicembre 2009**

Astronomia ed Elettronica

Sabato 5 e domenica 6 dicembre 2009 ritorna alla Fiera di Forlì l'appuntamento con la Fiera dell'Astronomia, la manifestazione che, seconda solo all'Astron di Milano-Novegro, ha dato spazio e visibilità ai tanti gruppi di astrofili presenti su tutto il territorio nazionale.

Oltre ad essere un importante momento commerciale, con la partecipazione di produttori e rivenditori di strumenti e accessori per l'osservazione astronomica, è l'occasione per incontrare i tanti Club e Associazioni presenti, che si dedicano con passione a divulgare la conoscenza della 'volta celeste' tramite incontri, corsi di formazione, mostre tematiche.

Sottolineiamo le fondamentali collaborazioni con la UAI (Unione Astrofili Italiani), l'INAF (Istituto Nazionale di Astrofisica) e l'ASI (Agenzia Spaziale

Italiana) per quanto riguarda la realizzazione delle conferenze e dei seminari previsti durante la manifestazione.

In questa edizione, il Convegno sarà dedicato alla Luna (in occasione del 40° anniversario dello sbarco umano sulla Luna) al Sole e ai telescopi (in onore di Galileo Galilei, nell'anno internazionale dell'Astronomia, a 400 anni dalle prime osservazioni con il telescopio).

Il programma delle conferenze si delinea ricco e molto interessante:

sabato 5 dicembre:

ore 15:00 il Prof. Luigi Battistini (Università di Bologna) terrà una conferenza dal titolo 'La missione Apollo 11 e il futuro dell'esplorazione lunare'

ore 16:30 Plinio Camaiti parlerà sul tema 'I telescopi per le riprese lunari e solari'

ore 17:15 Gianluca Valentini in 'La fotografia solare ad alta risoluzione'

domenica 6 dicembre:

ore 10:30 Claudio Lopresti (UAI Sez. Pianeti Extrasolari) argomenterà su 'La conquista della

ragione: da Galileo al 2009'
ore 11:15 Emilio Sassone Corsi (Presidente UAI) parlerà sul tema 'Occhi al cielo'
ore 12:00 Giorgio Bianciardi (UAI - Skyline) svilupperà l'argomento 'I telescopi remoti Skyline/UAI: dall'Italia all'Australia'.

Come si denota anche dalla varietà degli argomenti proposti, l'evento forlivese ha un alto contenuto divulgativo ed è perciò particolarmente interessante anche per chi si avvicina per la prima volta a questo affascinante universo.

COLPO D'OCCHIO SULLA FIERA DELL'ASTRONOMIA:

Organizzazione: Blu Nautilus Srl; Luogo: Fiera di Forlì - Via Punta di Ferro. Ingresso: operatori e pubblico. Biglietto Ingresso - valido per tutti i settori espositivi: euro 10,00 intero, euro 8,00 ridotto - scaricabile dal sito www.expoelettronica.it. Orari: 9:00-18:00. Info: 0541 439573; website: www.expoelettronica.it.

COME ARRIVARE ALLA FIERA
Stazione ferroviaria di Forlì a 3 km + Bus Navetta gratuito dalla stazione ferroviaria alla fiera di Forlì e ritorno, dalle ore 8:30 alle 12:30 e dalle ore 13:30 alle 18:30.
A14 uscita Forlì, 5 minuti in direzione Fiera (800 mt).

Informazioni per la stampa a cura di Blu Nautilus Srl
www.blunautilus.it
Responsabile Comunicazione: Claudia Lugli - c.lugli@blunautilus.it - tel. dir. 0541 439575
Assistente alla Comunicazione: Monica Mazzoni - m.mazzoni@blunautilus.it - tel. 0541 53294.

Cosmo e musica, il convegno di Venezia

HARMONIA MUNDI

A Venezia, il **7 dicembre 2009**, con inizio alle ore 10:, presso l'Università Ca' Foscari, si terrà un convegno internazionale di filosofia della musica dedicato al tema del legame tra suono e spazio.

In collaborazione con Ateneo Veneto, Facoltà di Filosofia dell'Università Ca' Foscari di Venezia, Regione del Veneto, Provincia e Comune di Venezia, IYA - Anno internazionale dell'Astronomia.

Il Convegno Internazionale di Filosofia della Musica, organizzato dall'Agimus di Venezia, in collaborazione con l'Ateneo Veneto e l'Università Ca' Foscari, sarà dedicato al tema "Harmonia mundi. Anima spazio e corpo sonoro nella musica del XX e XXI secolo".

Introdotta da una riflessione sulla concezione pitagorico-platonica dell'armonia delle sfere, reinterpretata alla luce delle più moderne teorie astronomiche, il simposio trarrà spunto per una più ampia ricerca sulla relazione che lega indissolubilmente il suono allo spazio.

Se le architetture dell'Universo rifrangono l'armonia dell'anima e l'equilibrio racchiuso nelle strutture musicali, esiste al contempo anche una declinazione microcosmica della spazialità sonora. Su questo aspetto della produzione musicale del XX e XXI secolo, che ha indagato alla radice il fenomenico svelarsi del suono e le possibili sovrapposizioni, interferenze, interpolazioni realizzabili grazie alle tecnologie elettroacustiche, si confronteranno il prossimo di-

cembre nell'Aula Magna dell'Ateneo Veneto filosofi, filosofi della musica, estetologi, interpreti, compositori, astronomi ed esperti di musica elettronica.

PROGRAMMA

10:00 - 10:25: E. Fubini (Università di Torino): Espressione e calcolo: la 'musica delle sfere' da Pitagora alla musica del Novecento.

10:25 - 10:50: Piero Benvenuti (Università di Padova, Direttore

king.

11:55 - 12:20: Silvia Vizzardelli (Università della Calabria): Stampi, strutture e "macchine immaginarie" nella teoria musicale di Xenakis.

12:20 - 12:55: Carlo Serra (Università della Calabria): Drammaturgie spaziali della voce.

14:30 - 14:55: Daniele Goldoni (Università Ca' Foscari): Spazio d'ascolto.

14:55 - 15:20: Renato Rivolta



del Centro Studi Spaziali di Padova): Sinfonia di immagini celesti: il telescopio spaziale Hubble svela l'arcana bellezza dell'Universo.

10:50 - 11:15: Louis Karchin (New York University): Time and motion in the music of Milton Babbitt and the opera "Romulus".

11:15 - 11:30: coffee-break

11:30 - 11:55: Martin Lichtfuss (Universität MDW Vienna): Music expectations and the consideration of predictability as a basic idea of compositional thin-

(Accademia Internazionale di Musica di Milano e Scuola di Musica di Fiesole): Con Anima e Corpo, nello Spazio musicale.

15:20 - 15:55: Nicola Buso (Conservatorio "G.Tartini" di Trieste e Fondazione Archivio Luigi Nono): Lo spazio tra live electronics e live coding: verso un teatro della scrittura.

16:00 - 17:00: Discussione e chiusura dei lavori.

Chairman: Enrico Fubini.

Ingresso libero.

Per informazioni:

www.unive.it/lettere

Colpi di Sole

di Stefano Sello

20

Il lungo letargo in cui è caduta la nostra stella sta volgendo al termine, e mentre il mondo scientifico si interroga sulle effettive difficoltà di riuscire a prevedere l'attività solare sia sul breve che sul lungo periodo, noi facciamo il punto sulla conoscenza del più spettacolare fra tutti i fenomeni tipici del Sole: le protuberanze.

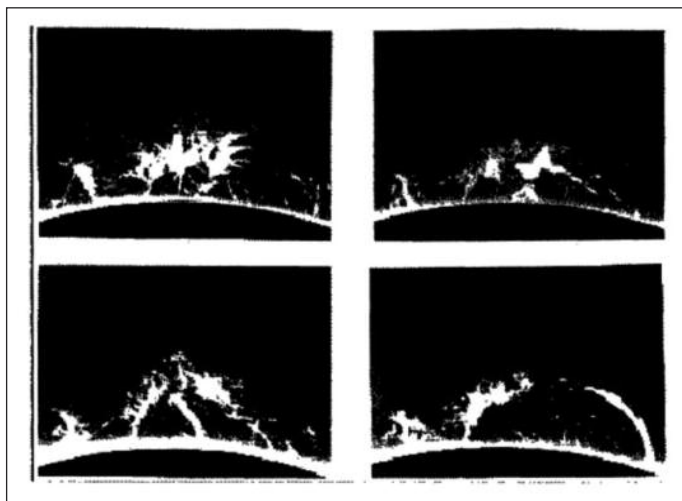
Fra tutti i fenomeni osservabili sul Sole, le protuberanze sono certamente tra quelli più spettacolari e affascinanti per ricchezza morfologica ed evoluzione dinamica. Sebbene le prime interpretazioni corrette delle protuberanze, intese come "nubi nella corona solare", risalgano a circa metà Ottocento, la loro osservazione scientificamente documentata risale all'epoca medioevale, dove però non mancavano spiegazioni a dir poco esotiche.

La storia dello studio delle protuberanze solari si tende, per convenienza, a suddividerla in tre periodi: 1) speculativo, antecedente il 1860; 2) fotografico e spettrografico, compreso tra il 1860 e il 1960; 3) polarimetrico, successivo al 1960 (Tandberg-Hanssen, 1995, 1998).

Nel periodo speculativo risulta evidente che l'unico modo per poter osservare il fenomeno delle protuberanze era quello di utilizzare le eclissi totali di Sole. Le ricerche di Chistyakov sulle eclissi storiche portano a datare al 1375 a.C. la prima annotazione su una possibile protuberanza ricavata da incisioni cinesi. Più prudentemente Wang e Siscoe, studiando diverse registrazioni archeologiche cinesi, suggeriscono il periodo compreso tra il 1339 a.C. e il 1280 a.C. come il più attendibile per la prima descrizione fenomenologica della corona solare e/o di protuberanze. Secondo Littmann, Willcox ed Espenak, il primo rapporto certo sulle protuberanze è più recente e risale al 334 d.C. a cura di Giulio Firmicio di Siracusa.

Secchi, nel 1875, riporta un'osservazione di Muratori del 1239 durante un'eclisse in cui si descrive un "buco infiammato" nella corona, che molto probabilmente non era altro che una protuberanza, forse inserita all'interno di una cavità. Vyssostky, nel 1949, riporta che diverse cronache russe di

epoca medioevale citano fenomeni associabili alle protuberanze; Sviatsky, infatti, nel 1923 cita come prima descrizione piuttosto affidabile di protuberanze quella contenuta nella cronaca di Novgorod dell'eclisse del 1° maggio 1185, ma gli storici concordano sul fatto che la prima descrizione su base scientifica di questi fenomeni risalga all'eclisse del 2 maggio 1733 a Göteborg in Svezia. In quell'occasione, Vassenius osserva tre o quattro protuberanze completamente separate dal disco lunare, interpretandole come "nubi rosastre nella atmosfera lunare", una spiegazione plausibile per l'epoca, tenendo conto anche delle circostanze dell'osservazione. Secchi (1875) riporta che *"...di tutte le osservazioni antiche la più dettagliata è quella che Vassenius fece a Göteborg il 2 maggio 1733. Nella corona che egli attribuisce all'atmosfera della Luna, vide fluttuare numerose nubi rosse; una di queste sembrava più*



Fotografie di protuberanze realizzate da Lyot con il suo coronografo nel 1937. [Osservatorio di Parigi, Meudon]

grande delle altre e sembrava composta da tre masse sovrapposte, completamente separate dal disco lunare".

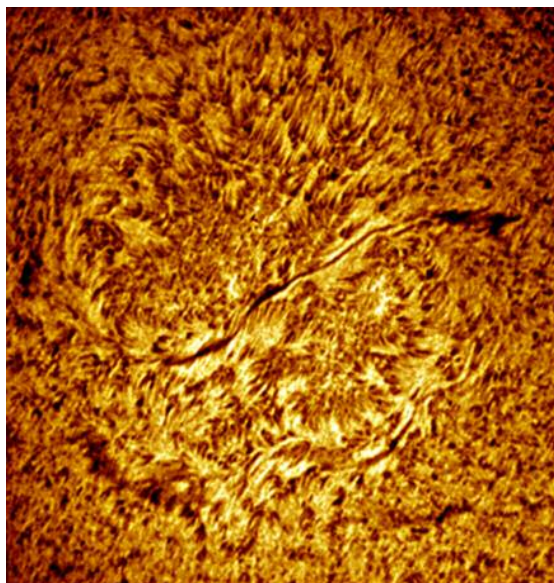
Ulloa, nel 1778, da una località imprecisata, riporta l'osservazione di una protuberanza attiva interpretandola come un "buco nella Luna".

Tutte queste osservazioni preliminari delle protuberanze sono state negli anni successivi dimenticate, fino all'osservazione dell'eclisse famosa dell'8 luglio 1842, visibile in Francia e in Italia. Final-

mente le osservazioni a cura di Baily, Airy, Arago, Struve e altri portarono a interpretare



Ripresa CCD del 23 aprile 2006 di una protuberanza quiescente (a sinistra) e attiva (a destra) utilizzando filtri interferenziali a banda stretta centrati sulla riga dell'H α . [HASO - Pisa]



Enorme protuberanza "attiva" (di tipo intermedio) ($> 555\,000$ km, poco inferiore a $0.8 R_s$) ripresa sul disco solare (filamento) il 10 ottobre 2005 associata alla grande regione attiva AR 10808 a seguito della sua fase di decadimento. Queste riprese consentono di studiare meglio le proprietà della cromosfera in prossimità dei filamenti. [HASO - Pisa]

correttamente il fenomeno delle protuberanze come un fenomeno tipicamente solare, ma il consenso era tutt'altro che generale, a causa della imprecisa descrizione fatta delle forme

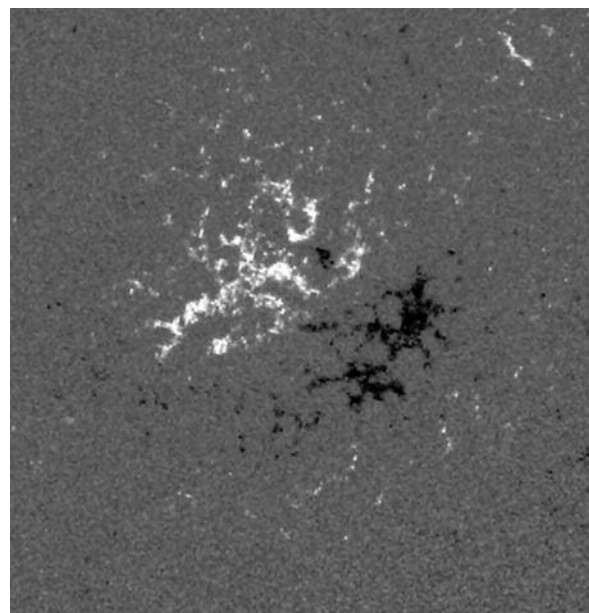
assunte dalle protuberanze e delle loro posizioni, principalmente dovuta ad un fenomeno spettacolare del tutto inatteso. Secchi (1875) riporta: *"Durante l'eclisse dell'8 luglio 1842, l'attenzione degli astronomi venne attratta dalle protuberanze che si stagliavano attorno alla Luna come delle fiamme gigantesche di colore rosa [...]* La sorpresa che causò questo fenomeno inatteso non permise di fare delle osservazioni precise, portando ad un disaccordo completo tra le differenti relazioni". Molti infatti ritenevano ancora che le protuberanze fossero fenomeni lunari, come nubi o montagne (Grant, 1852). È solo con l'eclisse del 28 luglio 1851, osservata in Norvegia e Svezia da parte di Airy e Carrington, che emerge un'interpretazione che sarà in seguito consolidata: "le protuberanze sono formazioni nebulari solari". La na-

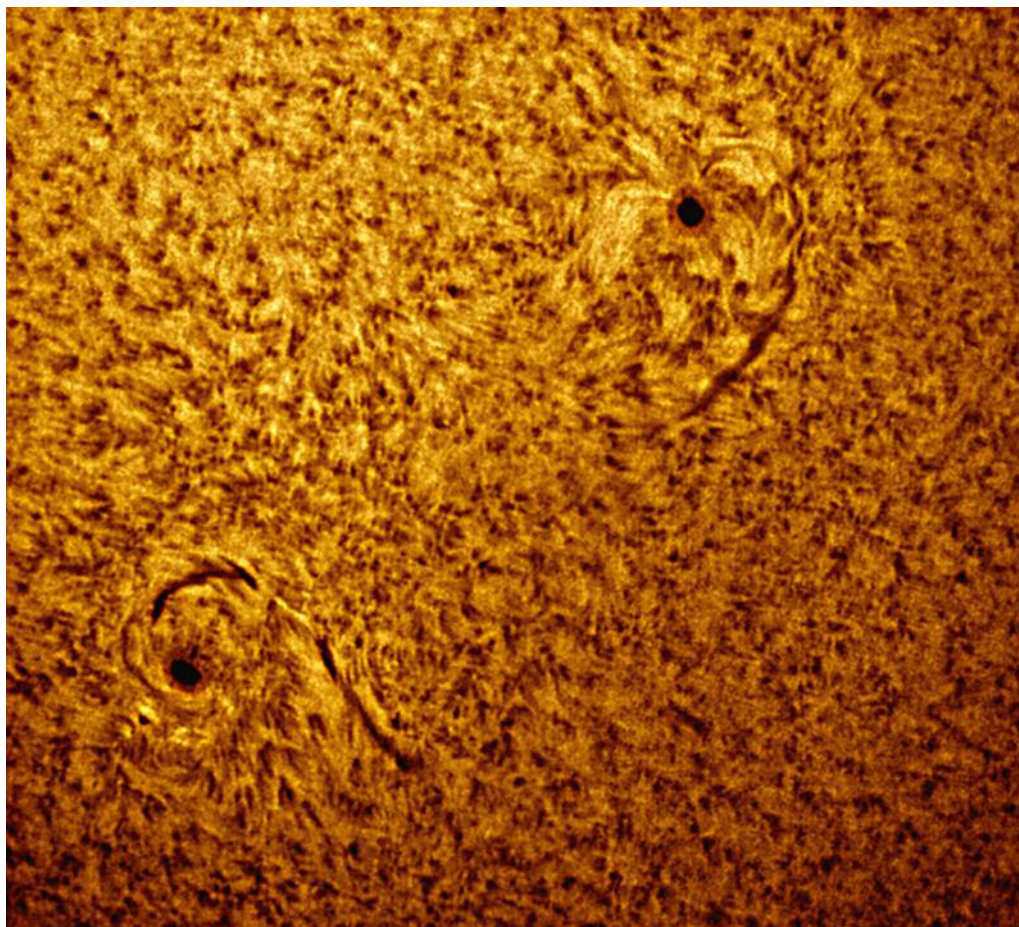
tura fisica di queste nubi era naturalmente ancora tutta da definire. È di quell'anno la prima immagine di un'eclisse totale di Sole realizzata su dagherrotipo da parte di Berkovski.

Nel 1860 vi è una svolta decisiva nello studio e interpretazione delle protuberanze solari, con l'introduzione della tecnica moderna di ripresa fotografica durante l'eclisse del 1860 in Spagna. Secchi, a seguito delle osservazioni fotografiche e delle osservazioni visuali dell'eclisse del 1851, riporta le seguenti conclusioni: 1) le protuberanze non sono semplici apparenze prodotte da illusioni ottiche: sono fenomeni reali che hanno la loro sede sul Sole; 2) le protuberanze sono masse di materiale luminoso dotate di una grande vivacità e attività fotogenica molto rimarchevole; 3) vi sono masse di materia di protuberanze sospese e isolate come nubi nell'atmosfera;

23

Magnetogramma ripreso lo stesso giorno dell'immagine precedente, nel quale viene mostrato come il filamento suddivida regioni a polarità magnetica opposta (le aree nere sono a polarità negativa, mentre le aree bianche sono a polarità positiva). [SOHO MDI ESA-NASA]



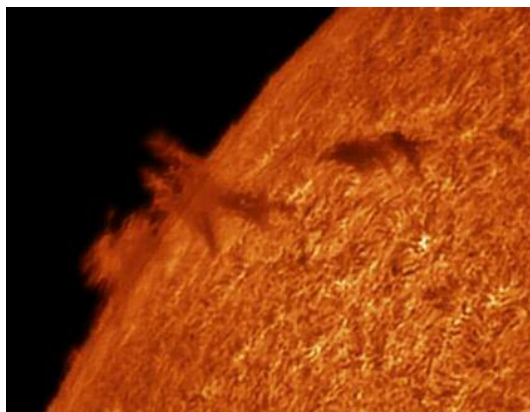


Filamenti associati alle regioni attive: AR10940, AR10941 ripresi il 4 febbraio 2007. Nel filamento in basso a sinistra è ben visibile una parte significativa in emissione, più luminosa della cromosfera circostante. [HASO - Pisa]

4) oltre alle protuberanze esiste uno strato della stessa materia che circonda il Sole da tutte le parti (qui Secchi ha intuito l'esistenza della cromosfera); 5) il numero delle protuberanze è incalcolabile; 6) l'altezza delle protuberanze è notevole (2 o 3 primi, ovvero da circa 90 000 km a oltre 130 000 km).

Le tecniche spettroscopiche, abbinate a quelle fotografiche si devono allo stesso Secchi e a de la Rue, che impiegarono per la prima volta [osservazioni spettrografiche](#) durante l'eclisse del 18 agosto 1868 in India e Malacca, allo scopo di studiare la "chimica delle protuberanze". Il risultato principale ottenuto allora era che lo spettro delle protuberanze consistesse in linee brillanti, il che supportava l'interpretazione fisica di queste come

masse di gas luminoso. A seguito di quest'ultima eclisse si ottenne uno sviluppo che risultò fondamentale: Janssen si rese conto che molte delle linee di emissione erano sufficientemente brillanti da poter essere rilevabili anche fuori eclisse. Il giorno seguente l'eclisse, posizionò la fenditura dello spettrografo al di là del limbo solare osservando le linee di emissione delle protuberanze in piena luce del giorno. Indipendentemente e contemporaneamente, lo stesso tipo di osservazioni venivano realizzate da Lockyer, che nel medesimo anno pubblica il famoso articolo in due parti *Spectroscopic Observations of the Sun*, dove, tra l'altro, conia con Sharpey il termine "[cromosfera](#)" per indicare l'involucro dinamico ad elevato cromatismo che circonda il Sole al di



Protuberanza quiescente vista contemporaneamente proiettata sul disco (in assorbimento) e al bordo (in emissione). Ripresa H α a banda stretta (<0.5 Å) del 1° maggio 2008. [Pete Lawrence, Selsey, West Sussex-UK]

sopra della fotosfera, fino al confine più esterno della **corona**, già notato da Secchi nel 1851.

Altra tappa fondamentale nello studio delle pro-

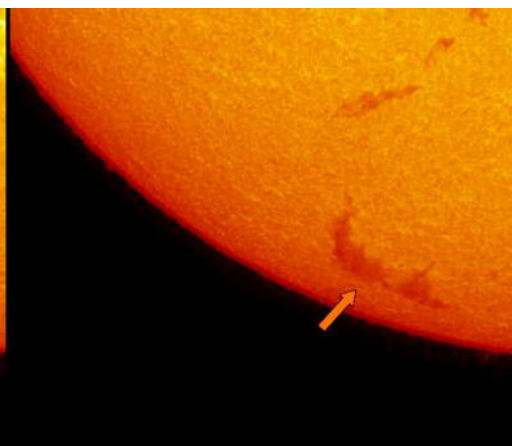
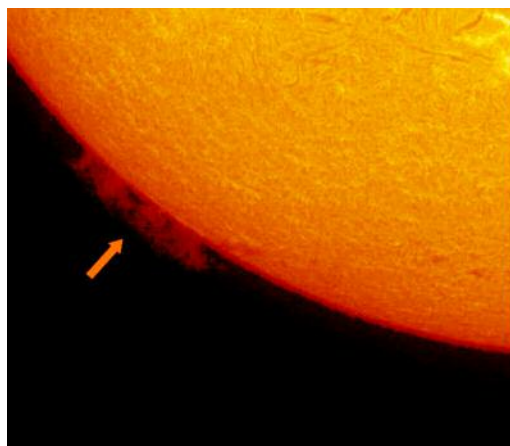
tuberanze si ha nel 1892, quando Hale mette a punto lo **spettroeliografo** e lo rende disponibile l'anno seguente anche in Francia a Deslandres. Ma probabilmente è il 1936 l'anno decisivo per lo studio moderno delle protuberanze, con l'introduzione da parte di Lyot dei **filtri bibrifrangenti** e del **coronografo**, i quali rendono possibile l'osservazione continua e sistematica delle protuberanze. A pag. 22 sono riprodotte alcune delle prime osservazioni di Lyot del giugno 1937, raccolte successivamente nel famoso lavoro di rassegna del 1948 di d'Azambuja, allievo

ranze, usando il ben noto effetto di sdoppiamento delle linee spettrali all'interno di un campo magnetico, e chiamato "**effetto Zeeman**". In effetti, già nel 1908 Hale, utilizzando lo stesso principio, registrò i campi magnetici all'interno delle regioni attive e delle macchie, ma solamente grazie alle caratteristiche di **polarizzazione** dell'effetto Zeeman si è potuto successivamente misurare l'entità dei più deboli campi magnetici delle protuberanze, che variano da pochi gauss, per le protuberanze di tipo quiescente, a un centinaio di gauss per quelle attive.

La natura delle protuberanze

A partire dal 1951 iniziano a svilupparsi interpretazioni e modelli sulla natura fisica delle protuberanze e sulle loro caratteristiche principali: citiamo il primo modello di Menzel che mostra come il campo magnetico possa sostenere una

Protuberanza quiescente vista al bordo solare (sinistra) e proiettata sul disco (destra) dopo 4 giorni. Riprese H α del 26 e 30 agosto 2001. [Big Bear Solar Observatory]



di Deslandres e pioniere nello studio moderno delle protuberanze solari. Il successivo periodo polarimetrico ha inizio nel 1961 quando i fisici solari Zirin e Severny effettuano le prime misure del campo magnetico dentro le protube-

protuberanza in equilibrio contro la forza gravitazionale. Seguono modelli più raffinati, come quello di Dangey del 1953, quello di Kippenhahn-Schluter del 1957 e successivi, tutti volti a spiegare, sulla base dei campi magnetici osservati, il so-

stentamento delle protuberanze nella cromosfera e nella corona. Contemporaneamente, un altro fronte di studio era rivolto a capire la natura del plasma nelle protuberanze, inizialmente ignorando la presenza dei campi magnetici e considerando solamente i parametri di temperatura, densità e velocità (Jager, 1959, Jefferies e Orrall, 1963).

I modelli più recenti cercano di comprendere la struttura interna e la termodinamica delle protuberanze considerando anche i relativi meccanismi di supporto magnetico, all'interno di modelli tridimensionali che siano in grado di riprodurre la dinamica osservata mediante, ad esempio, i

[processi di riconnessione magnetica](#) (tanto importanti per spiegare l'origine dei [brillamenti solari](#)), intimamente correlati alla struttura a grande scala del campo magnetico nella corona. Seguendo Tandberg-Hanssen (1995) possiamo riassumere le tre caratteristiche essenziali delle protuberanze: 1) non esiste il concetto di protuberanza canonica, che risulti di riferimento per le

altre, anche se in termini molto generali una protuberanza si può definire come un oggetto della cromosfera o della corona che è più denso e più freddo del-

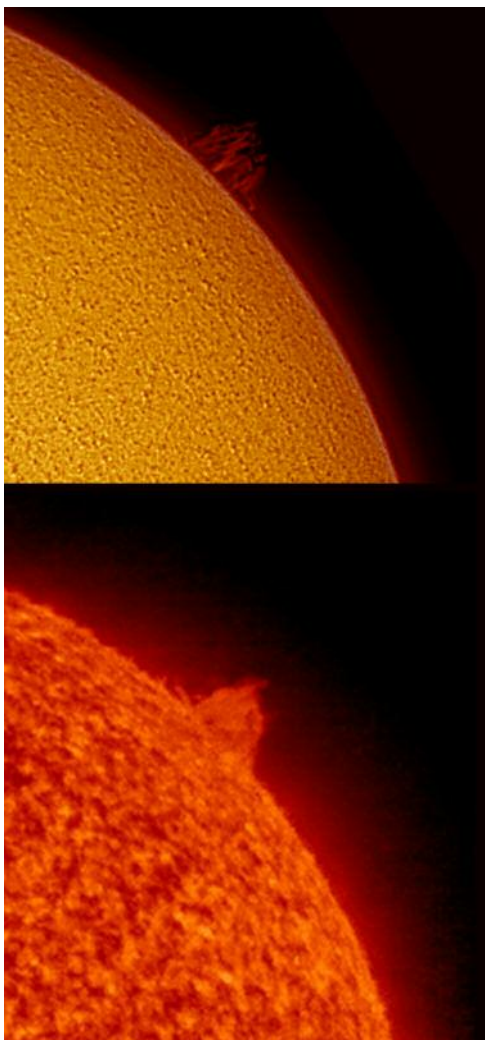
l'ambiente circostante; 2) nessuna struttura può considerarsi isolata dall'ambiente circostante, ma ha forti connessioni e interazioni con la cromosfera e la corona, e 3) nessuna protube-

ranza ha una struttura di tipo uniforme e omogenea, e inoltre tutte le protuberanze sono sistemi dinamici, sebbene su scale spaziali e temporali differenti.

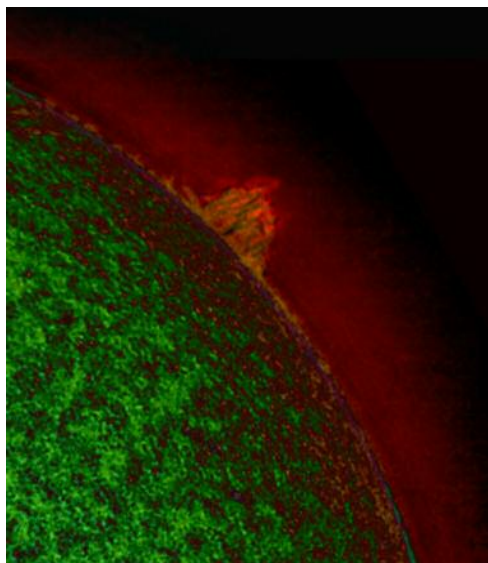
Anche tenendo conto delle suddette limitazioni, risulta comunque utile, per lo studio della natura fisica delle protuberanze, suddividerle in due grandi classi, comuni (con qualche variante) a tutte le classificazioni proposte: quelle quiescenti, ovvero associate a regioni cromosferiche calme, e quelle attive, ovvero associate a regioni attive fotosferiche e cromosferiche (Petit, 1925-1932; Newton, 1934; Menzel e Evans, 1953; Severny e Khoklova, 1953; de Jager, 1959; Zirin, 1966).

Un discorso a parte va invece rivolto ad una ulteriore terza classe, che è quella delle protuberanze eruttive (strutture quiescenti o attive che diventano instabili, vengono espulse

in tempi rapidi e scompaiono diffondendo nella corona), delle quali fanno parte anche i fenomeni coronali transienti fortemente esplosivi detti [eiezioni o espul-](#)



Confronto tra due immagini simultanee di una protuberanza quiescente riprese nel visibile in H α (sopra) e nell'ultravioletto in He II (sotto) il 26 agosto 2008 alle ore 07:19 TU. [HASO - Pisa, SOHO ESA-NASA]



sioni di massa coronale (in breve CME, da Coronal Mass Ejections).

Le principali caratteristiche che distinguono le prime due classi sono: le dimensioni, maggiori nel caso delle quiescenti (da 60 000 a 600 000 km di lunghezza e da 4000 a 15 000 km di ampiezza); la temperatura, più bassa nelle quiescenti (da 5000 a 8000 K); il campo magnetico, minore nelle quiescenti (da

4 a 50 G); le velocità del plasma, più basse nelle quiescenti (da 0,5 a 5 km/s o da 10 a 20 km/s). Ancora a pag. 22 è mostrata una immagine ripresa in H α dove sono presenti contemporaneamente protuberanze quiescenti e attive, mentre a pag. 23 (in alto) abbiamo un esempio di enorme protuberanza attiva (o, meglio, intermedia secondo Zirin) ripresa sul disco solare (filamento) nell'ottobre 2005, associata alla regione attiva AR10808, una delle più grandi e dinamiche dell'appena concluso ciclo XXIII.

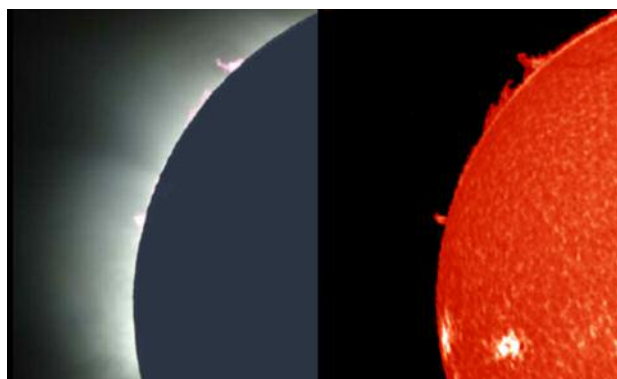
Confrontando immagini del disco solare in H α con i relativi **magnetogrammi**, si è potuto stabilire che i filamenti e le protuberanze in genere seguono linee dotate di componente longitudinale del campo magnetico nulla e quindi hanno la particolare caratteristica di dividere, separare, le regioni a polarità magnetica opposta. I filamenti visti proiettati sul disco appaiono scuri, in assorbimento, rispetto alla cromosfera circostante; più raramente capita che alcuni filamenti associati a grandi regioni attive, appaiano in emissione anche proiettati sul disco e dunque più luminosi della cromo-

sfera circostante, come avviene nel caso dei brillamenti. Un esempio di questo tipo è mostrato a pag. 24, dove si vedono due ampi filamenti attivi incurvati e associati alle grandi regioni AR10940 e AR10941, ripresi il 4 febbraio 2007. Una parte significativa di uno dei filamenti appare in emissione e questo fenomeno ha una durata relativamente breve rispetto alla vita complessiva del filamento. La straordinaria immagine, con un effetto quasi 3D, di pag. 25 (in alto) mostra invece come una protuberanza vista proiettata sul disco appaia normalmente scura, in assorbimento; mentre la stessa, se vista contemporaneamente sul bordo, appaia chiara cioè in emissione. Un altro bell'esempio di come le protuberanze appaiano chiare, se viste al bordo del disco solare, ma anche scure, se viste sul disco, è mostrato ancora a pag. 25 (in basso), dove è ben visibile lo spostamento e il cambiamento di una grande protuberanza quiescente vista a distanza di quattro giorni.

Principali caratteristiche fisiche

Una diagnostica efficace delle protuberanze deve tener conto del fatto che esse hanno temperature centinaia di volte inferiori a quelle della corona circostante e densità centinaia o migliaia di volte su-

Elaborazione digitale che consente di evidenziare le differenze esistenti nelle due immagini precedenti, fornendo informazioni utili sulla distribuzione spaziale di temperatura e densità all'interno della protuberanza. La colorazione tende al nero al tendere a zero delle differenze.
[HASO - Pisa, SOHO ESA-NASA]

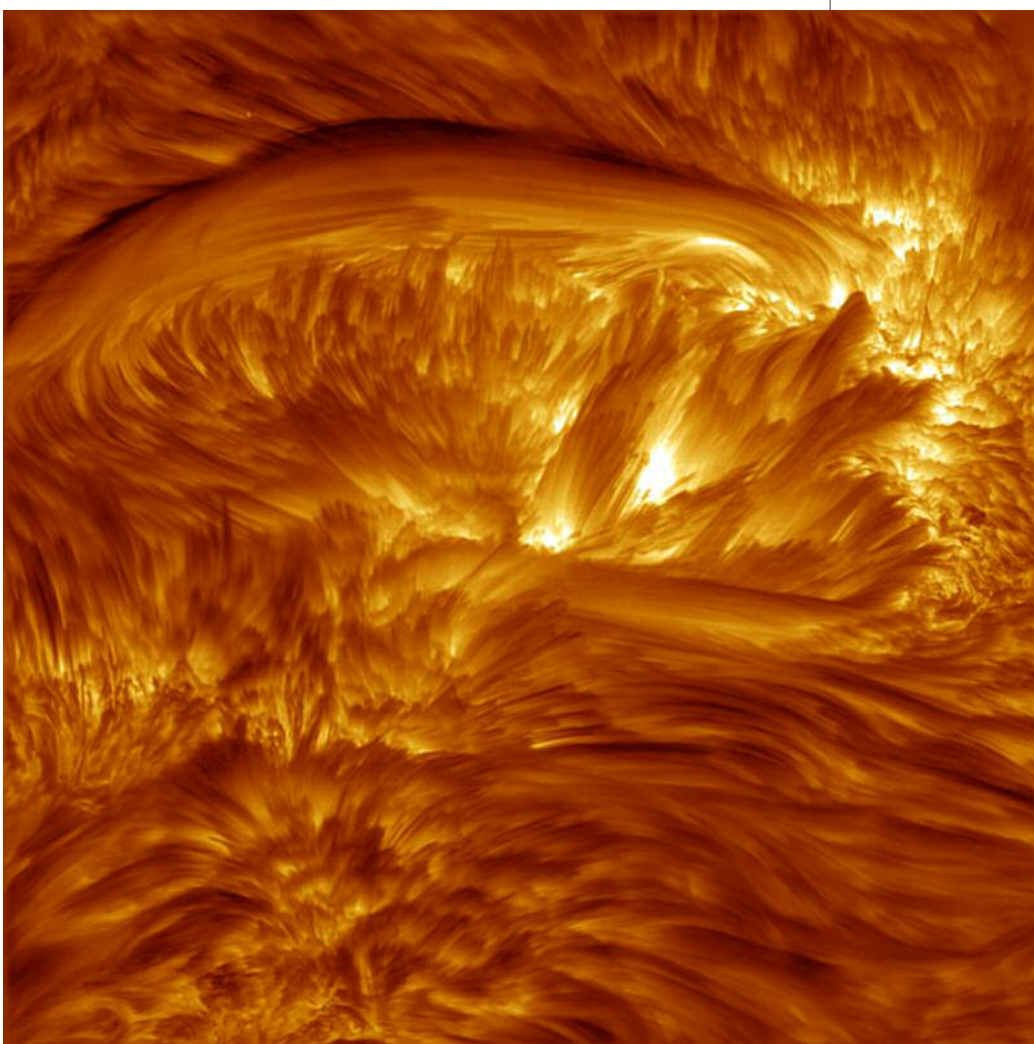


Confronto tra immagini contemporanee di protuberanze riprese durante l'eclisse totale di Sole del 29 marzo 2006: luce bianca a sinistra e nella banda H α a destra. [NAO Rozhen]

periori. Le due righe spettrali diagnostiche per eccellenza sono quella dell'**H α nel visibile a 656.28 nm** (linea C di Fraunhofer o prima transizione della **serie di Balmer**), che si forma a temperature di circa 10 000 K, e quella dell'**He II nell'ultravioletto**, a 30.4 nm, che si forma a temperature tra i 60 000 e gli 80 000 K nella più alta cromosfera.

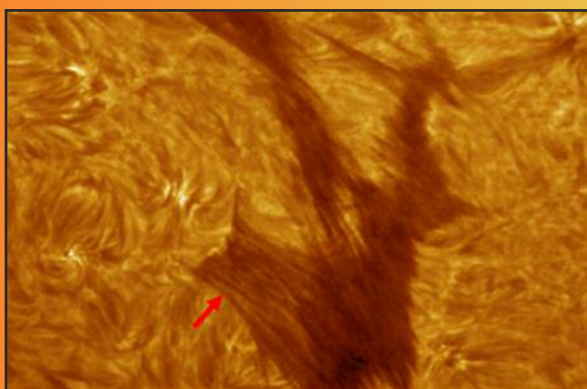
Le osservazioni negli anni Settanta dello Skylab, con risoluzione spaziale di 5 secondi d'arco (circa 3600 km), hanno mostrato che le dimensioni delle protuberanze rimangono praticamente invariate se osservate nelle linee spettrali formate nel range di temperatura compreso tra 10 000 K e 300 000 K, mentre al di sopra di questa temperatura le protuberanze iniziano a diffondere unendosi alla corona. Recenti studi a cura del **Big Bear Solar Observatory** (BBSO) e del **GSFC-NASA**, mettendo a confronto immagini di protuberanze sia quiescenti che eruttive nelle due righe spettrali suddette, hanno invece dimostrato differenze significative nella morfologia e dinamica delle protuberanze esaminate, evidenziando così l'esistenza di forti disomogeneità nelle temperature del plasma e

la non necessaria coesistenza di regioni calde e fredde nella stessa protuberanza. A pag. 26 troviamo un confronto tra due immagini simultanee di una imponente protuberanza quiescente ripresa il 26 agosto 2008, una nella banda H α (HASO - Pisa) e l'altra nella banda dell'He II (telescopio EIT a bordo della sonda **SOHO**). Come risulta evidente dalle immagini, la morfologia rispecchia la diffe-



Impressionante immagine di filamenti associati a una regione attiva e immersi nella struttura fine della cromosfera, ripresa nella banda H α il 4 ottobre 2005 con lo Swedish Solar Telescope (Lin e Engvold). [Institute for Solar Physics of the Royal Swedish Academy of Sciences in the Spanish Observatorio del Roque de los Muchachos of the Instituto de Astrofísica de Canarias]

Filamento quiescente ad elevata risoluzione spaziale osservato nella banda H α il 25 agosto 2003 con lo Swedish Solar Telescope (Lin et al., 2005). La freccia indica una struttura peculiare ("barb"), un'appendice laterale del filamento, allineata con le linee



del campo magnetico e piegata verso il basso, in cui fluisce materiale cromosferico. [Institute for Solar Physics of the Royal Swedish Academy of Sciences in the Spanish Observatorio del Roque de los Muchachos of the Instituto de Astrofísica de Canarias]

rente distribuzione di temperature e di densità della protuberanza, caratteristiche delle due bande di ripresa. Il confronto diretto multibanda tra immagini di questo tipo consentirà di studiare sempre più a fondo le condizioni fisiche all'interno delle varie tipologie di protuberanze. Come esempio, a pag. 27 (in alto) è mostrata un'elaborazione digitale delle precedenti immagini, che consente di evidenziare in modo chiaro le differenze esistenti nelle due riprese, consentendo così di caratterizzare la distribuzione spaziale di temperatura e densità all'interno della protuberanza.

Fino a questo punto abbiamo descritto e classificato le protuberanze tenendo conto degli aspetti morfologici e delle loro varie proprietà fisiche e dinamiche. Rimane comunque ancora da rispondere a una domanda fondamentale: come si formano le protuberanze? Sappiamo che il parametro più importante per lo studio delle protuberanze è il campo magnetico che governa il comportamento del plasma. Nonostante le osservazioni sistematiche compiute negli ultimi decenni, i meccanismi fisici di formazione delle protuberanze non sono ancora del tutto compresi. In particolare, non esiste ancora una teoria che spieghi la loro stabilità in un ambiente poco denso e ad alta

temperatura. Possiamo dire, per brevità, che esistono almeno due tipi principali di formazione delle protuberanze: uno dall'alto, con origine nella corona (processo di condensazione), e uno dal basso, governato dai campi magnetici fotosferici e cromosferici (processo di iniezione) (Tandberg-Hanssen, 1995). Poiché si pensa che il campo magnetico giochi comunque il ruolo principale per spiegare la formazione, la stabilità e anche l'eventuale insorgere di instabilità delle protuberanze che portano ai fenomeni eruttivi, lo sforzo maggiore si sta concentrando sullo studio dettagliato delle strutture e delle dinamiche dei campi magnetici correlati, ri-

correndo a tecniche sperimentali sofisticate come la [spettropolarimetria](#).

Utilizzando gli strumenti ottici e spettropolarimetrici a bordo del [satellite Hinode](#), un gruppo congiunto di ricercatori statunitensi e giapponesi ha recentemente indagato la formazione di protuberanze attive, studiando sia la dinamica della fotosfera sia la dinamica della cromosfera all'interno della regione attiva AR 10953. L'evoluzione del campo magnetico fotosferico suggerisce che la comparsa di [tubi di flusso](#) di forma elicoidale potrebbe essere sempre associata alla formazione e al mantenimento delle protuberanze in regioni attive.

Quando conosceremo la topologia 3D completa del campo magnetico all'interno delle protuberanze solari potremo rispondere con maggior accuratezza alle domande irrisolte sui meccanismi fisici che regolano la loro formazione nella cromosfera e nella corona. Una domanda, solo apparentemente banale, è la seguente: di che colore sono le protuberanze? Sappiamo che se osservate nella banda della forte linea di emissione H α le protuberanze appaiono di un rosso vivo, ma se osservate durante le eclissi totali di Sole, in luce bianca, appaiono di un colore rosato. Studi recenti hanno mostrato che l'emissione in luce bianca

della maggior parte delle protuberanze è dovuto ad un [processo di scattering](#) (o diffusione) Thomson della radiazione proveniente dal disco solare sugli elettroni liberi nel plasma della protuberanza. La colorazione rosata è quindi il risultato di un miscuglio dell'emissione rossa in $H\alpha$ e di quella bianca (un esempio è a pag. 27). Il vero colore può comunque dipendere anche da altri fattori: l'emissione in luce bianca della corona posta davanti e dietro la protuberanza si sovrappone necessariamente all'emissione interna; inoltre anche l'emissione nel blu della riga $H\beta$ può contribuire all'emissione totale.

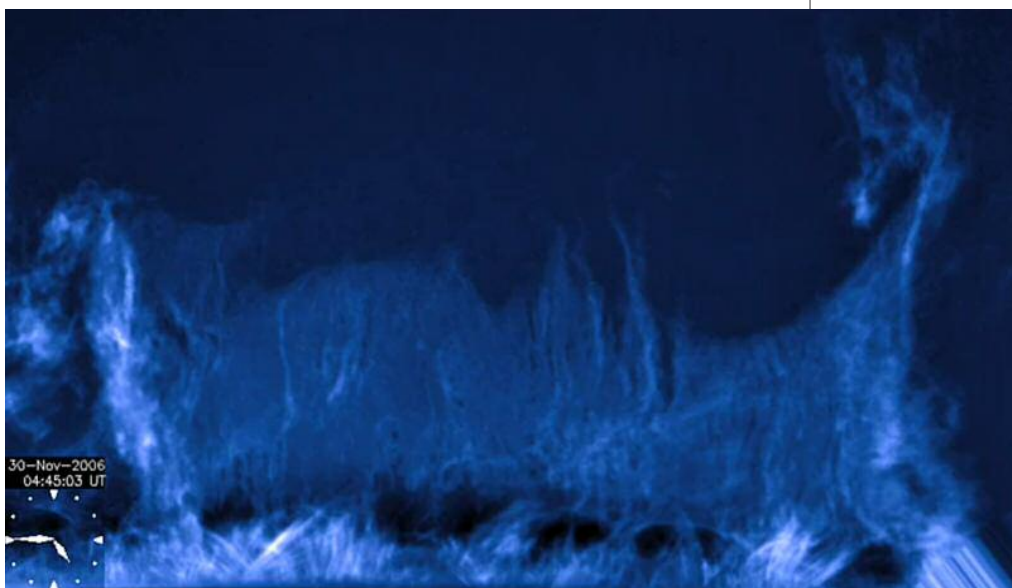
Gli studi più recenti sulla struttura fine delle protuberanze (e dei filamenti) raggiungono la risoluzione spaziale di 70-100 chilometri (ovvero 0,15"), grazie al nuovo telescopio dotato di ottica adattiva SST ([Swedish 1-m Solar Telescope](#)). Lo studio di queste straordinarie immagini (si vedano le pagg. 28 e 29) consentirà di approfondire il ruolo dei campi magnetici nella morfologia e struttura interna delle protuberanze.

Per la dinamica ci si aspetta di avere sequenze temporali omogenee con la stessa risoluzione grazie al SOT (Solar Optical Telescope) a bordo del satellite giapponese Hinode. Straordinarie sono le prime immagini già inviate da SOT sulla struttura e dinamica delle protuberanze, come ad esempio quelle quiescenti polari ad anello che

stanno forzando a rivedere le idee e le teorie correnti sul ruolo che i campi magnetici hanno nella formazione e comportamento dinamico di queste strutture. A questo proposito appaiono di grandissimo interesse i più recenti sviluppi nello studio della cosiddetta *sismologia di protuberanze*, un potente strumento diagnostico per derivare informazioni utili, non ottenibili in altri modi, sulle configurazioni magnetiche, i parametri del plasma e i meccanismi di stabilità nelle protuberanze, sia attive (ed eruttive) che quiescenti. Questa disciplina della fisica solare si avvale ora delle migliori osservazioni disponibili ad alta risoluzione in $H\alpha$, EUV e nelle microonde, ottenute grazie a varie sonde (SOHO, Hinode e [STEREO](#)), oltre che delle più sofisticate analisi di serie temporali nonlineari (come l'[analisi wavelet](#)). L'idea che sta alla base di questo approccio è studiare la struttura interna e la dinamica delle protuberanze, grazie alle oscillazioni di grande ampiezza (da 2 a 40000 km di spostamento e oltre i 20 km/s di velocità) innescate principalmente dall'interazione con onde d'urto prodotte da grandi brillamenti solari distanti (Tripathi e al., 2009).

Studiare la morfologia e la dinamica del-

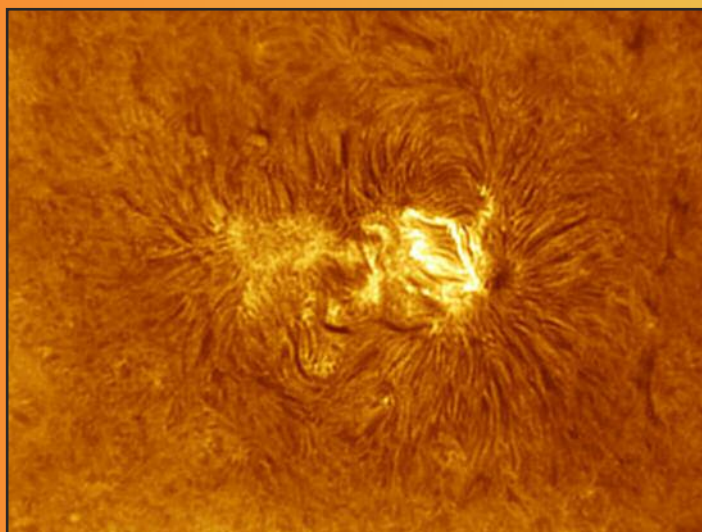
Spettacolare immagine di una protuberanza quiescente polare ad anello ripresa nella riga del calcio ionizzato, Ca II H, dal telescopio ottico solare (SOT) della sonda Hinode. [JAXA/NASA]



AR 1029: la più grande e attiva regione dell'anno e del nuovo ciclo solare

A fine settembre 2009 si poteva trarre il seguente bilancio parziale dell'attività solare: nel corso dell'anno, il Sole ha prodotto solamente 18 macchie solari, spesso così piccole che molti osservatori avevano dubbi sulla reale formazione di macchie fotosferiche all'interno delle regioni attive segnalate. Ormai ci si era abituati a questo regime di bassissima attività solare in un periodo di minimo storico, con pochissime eccezioni, come la "straordinaria" regione attiva AR1024, che nella prima settimana di luglio ha deliziato gli osservatori solari diventando in breve tempo la più grande regione attiva dopo un'attesa di almeno due anni, raggiungendo

l'estensione di 230 mes (milionesimi di emisfero solare; 1 mes corrisponde a circa 3 milioni di kmq), con **configurazione magnetica bipolare** (beta) e producendo **brillamenti solari di classe B e C**. La polarità magnetica della AR1024 la classifica come appartenente al nuovo ciclo solare 24. Dopo questo show tutto è ritornato come prima... o quasi. Una nuova sorpresa è però arrivata a fine ottobre: durante il week-end iniziato il giorno 24, una nuova regione, la AR1029, è emersa quasi improvvisamente facendosi notare subito con l'emissione di brillamenti di classe B e C. La sua dimensione e struttura erano già interessanti, ma nel corso della sua evoluzione è arrivata a raggiungere i 380 mes, il 29 ottobre, con una configurazione magnetica relativamente complessa (di **tipo beta-gamma**). Dopo cinque giorni di crescita continua la AR1029 è diventata la più grande e attiva regione dell'anno, con un'estensione lineare pari a 50000 km e producendo ben 10 brillamenti di classe C, più del triplo del numero di brillamenti di questa classe individuati nel corso dell'anno. Anche la polarità magnetica della AR1029 la classifica come appartenente al nuovo ciclo solare. Forse questi sono i segnali che aspettavamo per il risveglio dell'attività solare e la ripresa del ciclo 24.



Una delle prime immagini in H α della regione attiva AR1029, ripresa il 25 ottobre 2009 da Paul Haese - Blackwood, South Australia.

31

le protuberanze ad elevata risoluzione spaziale e temporale consentirà di raffinare i modelli teorici e le capacità diagnostiche attuali, non dimenticando comunque l'osservazione di Heinzel, fatta in un recente convegno sulla fisica della cromosfera (Coimbra, 2007), riprendendo una citazione di Tandberg-

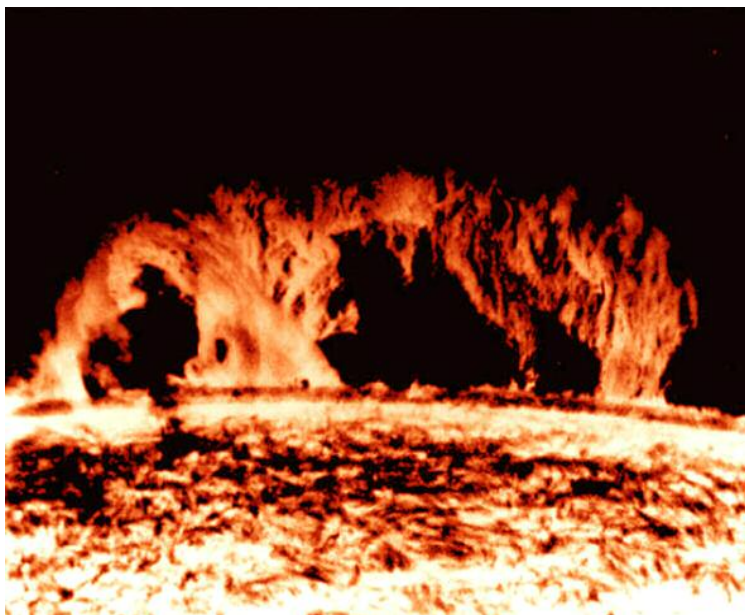
Hannsen nella sua splendida monografia, il quale sottolinea come dopo 130 anni siano ancora validi i commenti di Secchi: *"Le protuberanze si presentano sotto forme così bizzarre e capricciose che è assolutamente impossibile descriverle con una certa esattezza"* (Le Soleil, 1877).

Conclusioni

Le possibilità osservative delle protuberanze solari (e più in generale della cromosfera) da parte dell'astrofilo sono grandemente migliorate negli anni recenti grazie all'ampia diffusione e commercializzazione di svariati sistemi di filtraggio a banda stretta ($< 0.7 \text{ \AA}$) di elevata qualità, principalmente centrati sulla riga dell'idrogeno, $H\alpha$ (656.28 nm), e dei relativi sistemi di ripresa digitale tra-

32

mite CCD appositamente progettati per le riprese planetarie e solari. Quanto si sia in effetti semplificata l'attività di ripresa e la successiva elaborazione digitale delle immagini delle protuberanze solari appare evidente solo se si fa un confronto con le tecniche che si utilizzavano, ad esempio, all'inizio degli anni Novanta. Scorrendo infatti i diversi articoli di carattere divulgativo pubblicati in quegli anni, dove efficacemente il lettore veniva introdotto nell'affascinante mondo delle riprese delle protuberanze solari, ci si rende ben conto come all'epoca, non poi così tanto remota, per ottenere immagini significative fosse necessaria notevole dimestichezza sia con le tecniche tipicamente osservative (utili nella ripresa con strumentazione altamente specialistica) sia, e forse soprattutto, con le tecniche di trattamento delle lastre e delle pellicole fotografiche in camera oscura. Risulta quindi chiaro come le tecniche digitali ora disponibili abbiano notevolmente semplificato le fasi di processamento delle immagini e dei filmati. Pur restando comunque ancora oggi lo studio della fenomenologia cromosferica e coronale del Sole un settore di osservazione astronomica piuttosto speciali-



Una tipica protuberanza quiescente ripresa in $H\alpha$ dal telescopio del Big Bear Solar Observatory nel 2005. [BBSO, NJIT]

stico, soprattutto per la necessità di utilizzo di strumentazione altamente sofisticata e progettata ad hoc, l'evoluzione tecnologica dell'ultimo decennio consente ora, a chiunque sia seriamente motivato nello studio del Sole, di poter osservare e riprendere agevolmente, con elevata qualità, le protuberanze solari in tutta la loro maestosità, complessità morfologica e dinamismo.

Stefano Sello è nato nel 1959 a Codogno (MI). Consegue la laurea in Fisica Matematica nell'1986 presso il Dipartimento di Fisica dell'Università di Parma. Dal 1987 al 1998 è ricercatore al CISE di Milano, occupandosi di modellistica matematica e numerica dei mezzi continui. Dal 1998 occupa il ruolo di ricercatore senior nell'unità Modelli Matematici e Fisici presso il Centro Ricerche dell'ENEL di Pisa, con particolare riferimento allo sviluppo di metodologie numeriche avanzate per lo studio e la caratterizzazione dei sistemi dinamici complessi. In campo astronomico si interessa principalmente di fisica solare, con studi finalizzati alla caratterizzazione e alla previsione dell'evoluzione dei cicli solari.

VIAGGIO NEL SISTEMA SOLARE

**4 DVD + 4 libretti tematici
in un elegante cofanetto**

**in ogni DVD 90 minuti
di astronomia**



dal Sole fino ai
pianeti più esterni,
tutto quello che sappiamo
sul nostro sistema solare,
racchiuso in quattro spettacolari documenti
dall'elevato contenuto didattico

€ 39,90 per il cofanetto
€ 7,90 per la spedizione
in contrassegno

per ordinare il cofanetto scrivi a DVD@astropublishing.com

i dati personali da noi raccolti saranno trattati nel rispetto dell'ultima normativa sulla privacy

Citizen Science

Milioni di persone sparse per il mondo partecipano a importanti programmi di ricerca scientifica anche senza avere una specifica preparazione: sono sufficienti un computer collegato alla Rete e un minimo di dedizione.

di Gianfranco Benegiamo

34

Babak Tafreshi - TWAN

Alcuni sostenitori della American Association of Variable Star Observers, una delle prime associazioni a promuovere la Citizen Science in campo astronomico, fotografati il 23 novembre 1918 in occasione del settimo Meeting annuale.



Partecipare in massa a delle vere ricerche scientifiche, così come milioni di persone esercitano uno sport pur avendo preparazioni atletiche molto diverse, è diventata una realtà grazie ad Internet. Vari esempi di attività scientifiche svolte da dilettanti esistevano già prima della recente rivoluzione informatica, ma coinvolgendo numeri assai minori di persone. Una delle iniziative più datate è il Christian Bird Count, avviato nel dicembre 1900 con il patrocinio della National Audubon Society, che ancora oggi raccoglie importanti informazioni sulle popolazioni di uccelli presenti nell'America settentrionale. Anche in astronomia esiste una tradizione amatoriale molto radicata: raggiunge quasi il secolo di vita, infatti, la rete di appassionati, riuniti nella [American Association of Variable Star Observers](#) (AAVSO), che si occupa di rilevare la magnitudine delle stelle variabili. Raccolgendo misurazioni di ottima qualità, per un numero di astri che sarebbe in altra maniera impossibile controllare con altrettanta frequenza e continuità, questa associazione ha fornito un contributo di enorme valore agli astronomi.

Le iniziative finalizzate a coinvolgere i cittadini comuni nel lavoro dei professionisti, soprattutto quelli che operano nel campo delle scienze naturali, portano sensibili benefici a varie comunità: i ricercatori possono svolgere rapidamente compiti altrimenti irrealizzabili, i volontari trovano soddisfazione nel partecipare ad attività di loro interesse, gli insegnanti hanno maggiori opportunità per avvicinare gli studenti ai metodi della scienza e l'intera società trae vantaggio dalla migliore preparazione culturale dei suoi

componenti. Stante il considerevole aumento di attenzione rivolta negli ultimi anni a queste attività, genericamente individuate dal termine inglese Citizen Science (traducibile come "scienza popolare"), si tenterà nel seguito di fornire una breve panoramica su alcune di quelle correlate allo studio del cielo.

Ricerche per tutti i gusti

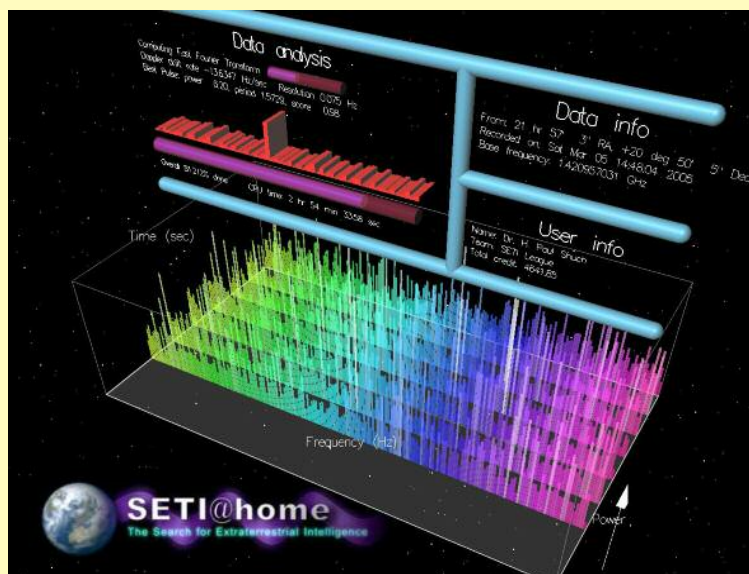
I progetti Citizen Science si possono suddividere in tre categorie principali: calcolo distribuito, ricerca da scrivania e ricerca sul campo. Nel calcolo distribuito rientrano quelle iniziative che utilizzano soltanto le potenzialità di calcolo dei computer collegati al web. Appositi programmi, talvolta sotto forma di salvaschermo, si procurano il compito da svolgere in file denominati "unità di lavoro" e dopo qualche ora di elaborazione restituiscono i risultati e prelevano una nuova unità.

Praticamente nessun impegno è previsto a carico dei volontari, salvo l'iniziale installazione del software, e forse sono pochi anche gli stimoli ad approfondire la materia d'indagine scelta.

Decisamente più interessanti, invece, sembrano quei progetti che chiedono una qualche forma di partecipazione attiva, rimanendo seduti di fronte al computer oppure osservando direttamente la volta celeste. Questi sono nati per fronteggiare l'esigenza di distribuire, possibilmente su molte migliaia di operatori, compiti che impegnerebbero i ricercatori per buona

parte della loro carriera lavorativa. Molti progetti da scrivania si basano sulla capacità dell'occhio umano di riconoscere eventuali regolarità o aspetti rilevanti presenti nelle immagini, abilità che per il momento nemmeno i computer più potenti riescono a raggiungere con un paragonabile grado di affidabilità.

Lo straordinario aumento delle adesioni registrate nel campo della scienza popolare, soprattutto durante l'ultimo decennio, è riconducibile a diversi fattori, fra i quali il motivo più importante sembra essere la grande diffusione raggiunta da Internet, unitamente alla disponibilità di software tanto accattivanti quanto semplici da usare. Segue poi la crescente consapevolezza tra gli scienziati che milioni di persone collegate al web costituiscono una potenzialità, sia in termini di elaborazione che di risorse intellettuali, immediatamente disponibile a costo zero. Opportunità diventata in alcuni casi determinante, per risolvere molti dei problemi causati dall'enorme quantità di dati



istituti di ricerca. La National Science Foundation negli Stati Uniti e il Natural Environment Research Council in Inghilterra, ad esempio, impongono che parte delle somme stanziare siano destinate a divulgare gli obiettivi dello studio sostenuto e i principali risultati raggiunti.

Continuare a spendere i soldi dei contribuenti in determinati campi d'indagine, infatti, rende consapevoli politici e scienziati della necessità di fare apprezzare a una platea molto più vasta, possibilmente coinvolgendola, l'utilità dell'investimento.

Calcolo distribuito

Tra i primi e più famosi progetti di calcolo distribuito troviamo [SETI@Home](#), rilasciato nel maggio 1999, che nel nome Search for Extra-Terrestrial Intelligence rammenta l'argo-

mento della sua indagine. Si tratta di un salvaschermo, capace di entrare automaticamente in funzione quando nessuna attività è registrata dal computer per qualche minuto. La potenza di calcolo è

Il salvaschermo [SETI@Home](#) entra automaticamente in funzione quando nessuna attività è registrata per qualche minuto dal computer.



Veduta aerea del Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory, situato presso Livingston, in Louisiana. Sono riconoscibili i due bracci perpendicolari dell'interferometro laser. [Cortesia LIGO]

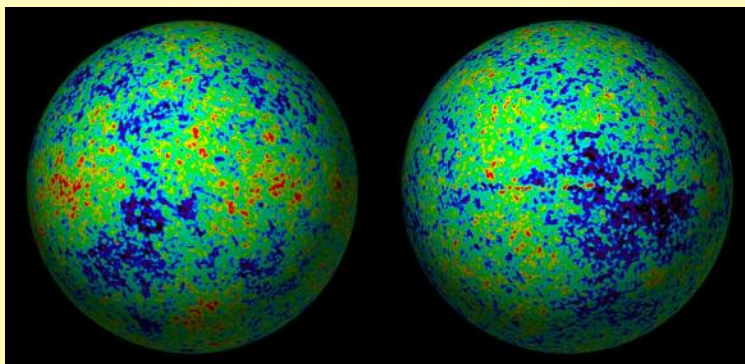
messi a disposizione dai vari telescopi sistemati sulla superficie terrestre e nello spazio. Altro motivo di partecipazione, infine, deriva dalle condizioni che alcuni importanti enti finanziatori chiedono agli

in questo caso usata per analizzare segnali radio provenienti dalle profondità dello spazio, alla ricerca di messaggi alieni.

Brevi frammenti delle registrazioni eseguite dal radiotelescopio di Arecibo, il più grande in funzione nel mondo, sono distribuite ai volontari per individuare caratteristiche difficilmente riconducibili a fenomeni naturali. Il fascino dell'argomento è riu-

scito a coinvolgere oltre cinque milioni di volontari in tutto il mondo, nonostante il ruolo completamente passivo cui sono costretti, e un numero così rilevante ha permesso all'iniziativa di entrare nel Guinness World Records.

Individuare le onde gravitazionali emesse da sorgenti continue come ad esempio pulsar e sistemi binari di buchi neri, invece, è la missione di [Einstein@Home](#). Anche questo un progetto di calcolo distribuito, dedicato ad analizzare i dati raccolti dal Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO). Si tratta di un gigantesco interferometro a luce laser, con bracci lunghi vari chilometri,



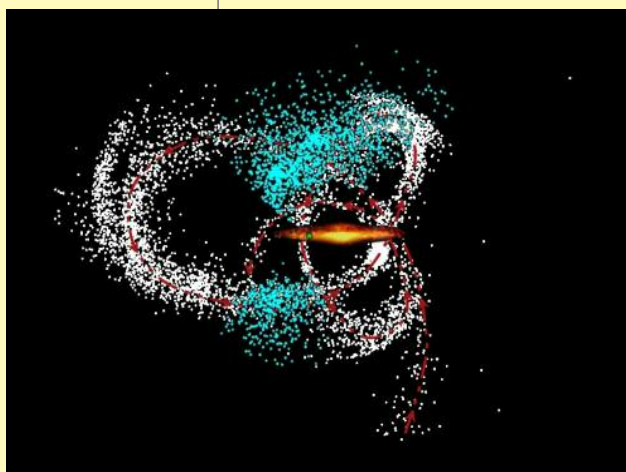
Il progetto [Cosmology@Home](#) intende trovare un modello capace di approssimare al meglio i parametri cosmologici misurati dalla sonda Wilkinson Microwave Anisotropy Probe sulle minuscole differenze di temperatura del fondo cosmico di radiazione, cui si riferisce questa doppia immagine [WMAP Science Team, NASA]

costruito per dimostrare l'esistenza delle onde gravitazionali, come ipotizzate dalla Teoria della relatività generale, e quindi studiare i corpi di massa particolarmente elevata che le producono.

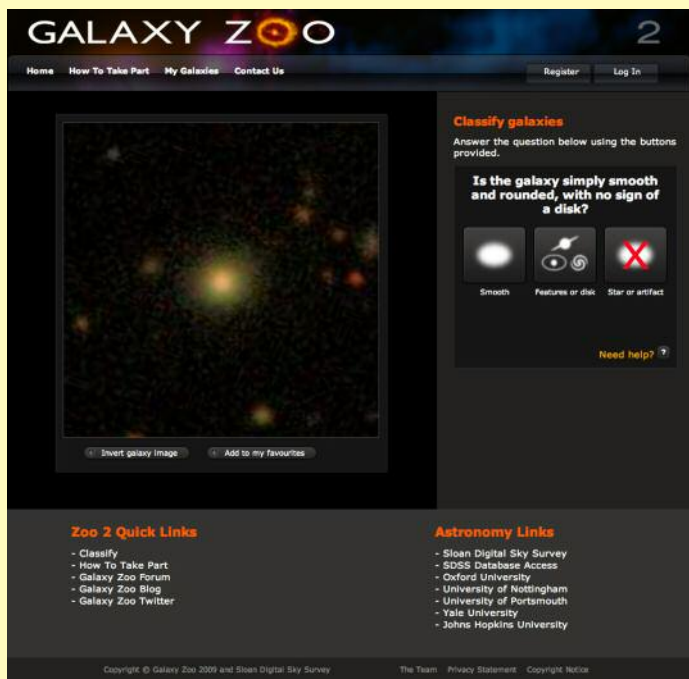
Appartiene allo stesso filone anche [Cosmology@Home](#), realizzato per individuare il modello capace di approssimare meglio i parametri cosmologici misurati dal telescopio spaziale Hubble, sull'espansione dell'universo, e quelli raccolti dalla sonda Wilkinson Microwave Anisotropy Probe sul fondo cosmico di radiazione. Migliaia di possibili soluzioni, ciascuna racchiusa in singole "unità di lavoro", sono distribuite ai partecipanti.

Dopo alcune ore di elaborazione, almeno utilizzando computer abbastanza veloci, il risultato è automaticamente inviato al server del progetto. Un algoritmo di apprendimento, chiamato Pico, alimentato da un numero sufficiente di queste simulazioni, produrrà altri modelli di universo che approssimano meglio quello reale.

[MilkyWay@Home](#), infine, è un progetto nato nel 2007 che si propone di costruire un accurato modello dinamico degli sciami stellari presenti nelle immediate vicinanze della Galassia, sciami



Rappresentazione dei possibili modelli indagati da [MilkyWay@Home](#), nel quale la posizione del Sole all'interno della Galassia è indicata da un punto verde, mentre quelli blu mostrano lo sciame stellare di una vicina galassia ellittica nana situata nella costellazione del Sagittario.



Il sito web del progetto **Galaxy Zoo** consente di classificare le galassie fotografate dalla SDSS con qualche clic del mouse.

tersi tramite Internet al relativo sito, per scaricare i dati da elaborare e trasmettere poi i risultati ottenuti. Spegnerlo il computer, inoltre, i calcoli si interrompono e dallo stesso punto riprendono alla successiva accensione. La bassa priorità attribuita all'elaborazione, inoltre, evita rallentamenti apprezzabili quando si usa il computer per le proprie esigenze.

38

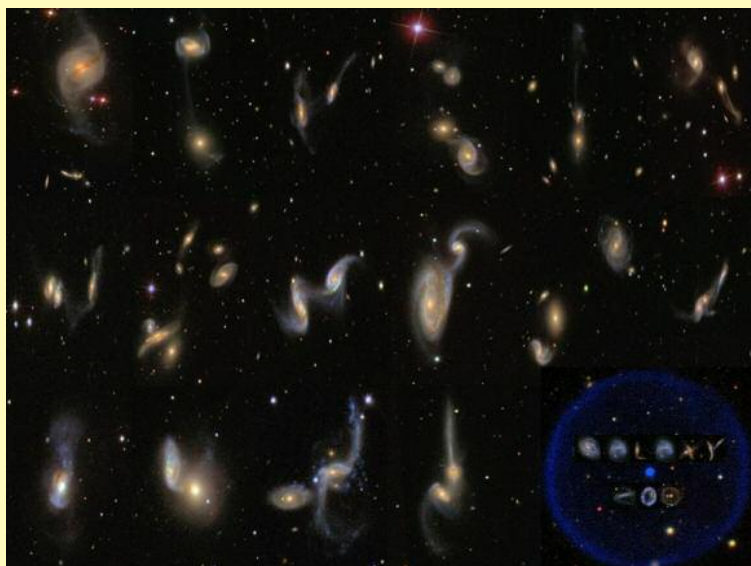
dovuti alla parziale compenetrazione con una galassia ellittica nana, situata in direzione del Sagittario. Un paio di anni sono bastati a coinvolgere circa 30 000 volontari, sparsi in oltre 160 nazioni, che hanno messo a disposizione una potenza di calcolo superiore a 50 teraflops (flops è l'abbreviazione di Floating Point Operations Per Second e indica il numero di operazioni in virgola mobile eseguite in un secondo dalla CPU del computer, mentre il prefisso tera indica il fattore 10^{12}). Una nuova piattaforma per il calcolo distribuito, denominata Berkeley Open Infrastructure for Network Computing (BOINC), è stata sviluppata dai ricercatori dell'Università di Berkeley. La prima volta che si avvia il programma occorre precisare a quale progetto s'intende aderire, tra una scelta molto ampia che comprende anche quelli qui sopra richiamati, dopo di che tutto procede in maniera automatica. Il software provvede a connet-

Fare astronomia con un clic del mouse

Le principali rassegne della volta celeste, come ad esempio la Sloan Digital Sky Survey (SDSS), mettono a disposizione enormi quantità di dati e immagini. Buona parte delle informazioni sono estratte in automatico, con la creazione di cataloghi contenenti le caratteristiche relative a milioni di oggetti. Alcuni compiti, però, come ad esempio il riconoscimento e la classificazione delle galassie, pur essendo semplici per l'uo-

Il progetto **Galaxy Zoo** chiede l'intervento dei volontari per classificare milioni di galassie fotografate dal telescopio della Sloan Digital Sky Survey mostrato da questa immagine. [SDSS Team]





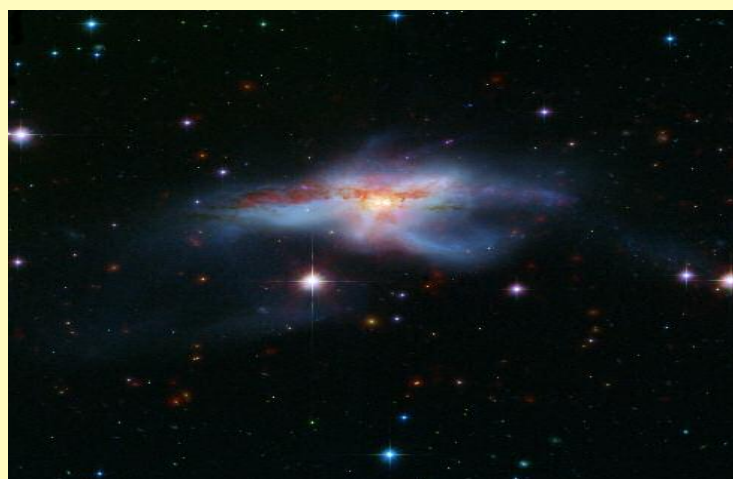
Questo mosaico mostra alcune delle più belle immagini di galassie interagenti proposte ai volontari dal progetto [Galaxy Zoo](#). [Richard Nowell & Hannah Hutchins]

mo rimangono relativamente difficoltosi per i computer. Impegnare per anni schiere di astronomi professionisti in questa attività, distogliendoli dai compiti assai più importanti in cui sono impegnati, è ovviamente una soluzione impensabile. Problemi del genere, però, riescono a trovare valide soluzioni nella Citizen Science, che sempre più spesso diventa punto di incontro tra la richiesta di collaborazione proveniente dai fronti più avanzati della ricerca e la domanda di partecipazione al processo di formazione della conoscenza espressa da strati sempre più ampi di popolazione.

Il progetto [Galaxy Zoo](#), nato per soddisfare proprio queste esigenze, chiede l'intervento di volontari per classificare le galassie fotografate dalla survey prima citata. Molti di questi oggetti, infatti, non erano mai stati osservati prima da occhio umano. Passo dopo passo, con pochi clic del mouse, si può distinguere una galassia ellittica da una a

spirale, nonché valutare se l'immagine proposta contiene un artificio o qualcosa di originale. Una possibilità del genere, anche se piuttosto rara, è comunque capitata a Hanny van Arkel, una giovane insegnante olandese, controllando uno strano oggetto situato in prossimità della galassia IC 2497 (si veda il box a pag. 40). Solo nel primo anno di vita il progetto ha distribuito 50 milioni di immagini a circa 150 000 volontari. Sottoponendo le stesse galassie a persone diverse, sono state determinate statisticamente delle classificazioni rivelatisi poi di livello comparabile a quelle condotte da professionisti. I risultati raccolti sino ad oggi hanno già permesso agli astronomi di pubblicare numerosi articoli sulle più prestigiose riviste del settore.

Il progetto [Stardust@Home](#), invece, è nato per trovare il proverbiale ago nel pagliaio: nel caso specifico si tratta di microscopici granelli di polvere catturati in prossimità della cometa 81P/Wild 2, usando un materiale trasparente di bas-



Le collisioni galattiche, come nel caso della NGC 6240, qui fotografata nell'infrarosso dal telescopio spaziale Spitzer, possono assumere forme molto complesse che spesso rendono problematico il riconoscimento da parte dei computer. [ESA/NASA]

sissima densità (aerogel), che la missione Stardust della NASA ha riportato sulla Terra. Prima di cominciare la ricerca dei frammenti cometari, però, i volontari

continua a pag. 42

L'Oggetto di Hanny

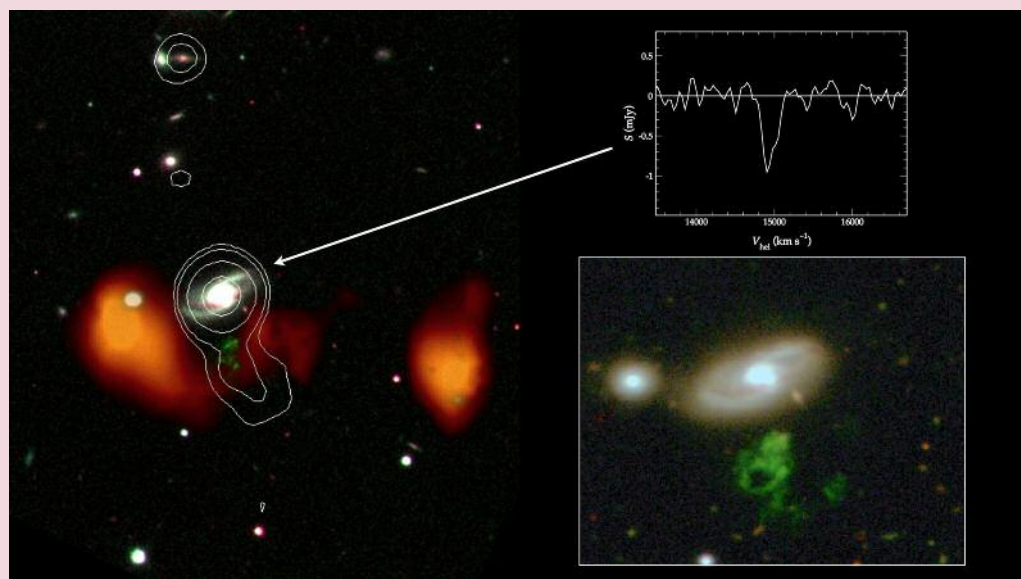
È successo ad una giovane insegnante di musica olandese, priva di specifica preparazione scientifica, la sorte di associare il proprio nome ad un singolare oggetto astronomico. Hanny van Arkel è riuscita nell'impresa mentre classifi-

giovane insegnante incuriosì anche gli astronomi di professione.

Inizialmente si pensò a una galassia molto distante, ma ben presto fu accertata l'assenza di stelle all'interno di quello che avevano già battezzato l'Oggetto di Hanny e pertanto si ipotizzò che fosse una grande nube: ma

2497 sembra oggi "tranquilla", ma molto tempo addietro forse brillava così tanto da potersi ipoteticamente vedere con un piccolo telescopio amatoriale, benché distante 700 milioni di anni luce dalla Terra.

L'intensa radiazione emessa dal quasar, pertanto, avrebbe impiegato molte



cava, così come hanno sino ad oggi fatto innumerevoli volontari di tutto il mondo, alcune galassie fotografate dalla Sloan Digital Sky Survey. Scorrendo una dopo l'altra le immagini proposte dal sito web di [Galaxy Zoo](#), infatti, Hanny si trovò davanti una figura dall'aspetto assai bizzarro che segnalò al forum del progetto. Attirando l'attenzione su questa specie di "fantasma cosmico" mai visto prima da occhio umano, così come buona parte del milione circa di fotografie proposte agli internauti di tutto il mondo, la

ciò aumentò ancor più il mistero, perché in tal caso occorre spiegare come mai la sua temperatura raggiunge 15000°C senza stelle nelle vicinanze.

Una delle più verosimili cause proposte per il riscaldamento dell'oggetto in questione ha come protagonista la radiazione proveniente da un quasar relativamente vicino, ossia il nucleo di una galassia diventato attivo a causa della "caduta" di enormi quantità di materia nel buco nero alloggiato al suo interno. La regione centrale della galassia a spirale IC

migliaia di anni prima di raggiungere la nube gassosa e da qui rimbalzare poi verso la Terra.

Comportamenti analoghi, anche se su scale dimensionali enormemente inferiori, si osservano talvolta in prossimità di supernove esplose pochi secoli addietro.

Questo genere di fenomeno, comunemente denominato "eco luminosa", fu scoperto già all'inizio del Novecento dall'astronomo olandese Jacobus Cornelius Kapteyn intorno a Nova Persei. L'eco luminosa si verifica quando la radia-

Recenti osservazioni rivelano un getto radio (contorni bianchi) proveniente da IC 2497 e diretto verso l'Oggetto di Hanny (colore verde) mostrato nel dettaglio dall'immagine in basso a destra. Le ampie riserve di idrogeno gassoso (colore arancione) forse derivano dall'incontro ravvicinato con altre galassie, mentre le intense linee di assorbimento dell'idrogeno neutro (grafico in alto a destra) lasciano supporre che l'attività del nucleo galattico di IC 2497 sia oscurata in direzione della Terra dalla presenza di polveri e gas. L'Oggetto di Hanny appare verde per l'intensa linea di emissione prodotta dagli atomi di ossigeno ionizzati due volte. [ASTRON e Isaac Newton Telescope]

Ritratto di Hanny van Arkel, giovane insegnante di musica olandese, che nell'ambito del progetto Galaxy Zoo ha scoperto un singolare oggetto astrofisico ora chiamato con il suo nome. [Cortesia Allard de Witte].

zione emessa da una sorgente molto intensa investe qualche corpo lontano e poi da qui raggiunge la Terra: il maggiore tragitto percorso dal raggio così riflesso, pertanto, può rivelare l'esistenza di sorgenti oramai estinte da tempo. Quanto osservato per la prima volta da Hanny, probabilmente, riesce a evidenziare una traversata, elevata attività di IC 2497.

La distanza dell'oggetto in questione dalla galassia, compresa tra 50000 e 80000 anni luce, a seconda dell'angolo di proiezione, suggerisce che l'attività del nucleo debba essere terminata da un comparabile numero di anni. Ma gli studi condotti in varie regioni dello spettro elettromagnetico, usando alcuni dei più importanti telescopi attivi al suolo e nello spazio, hanno recentemente messo in discussione questa spiegazione.

Osservazioni del Westerbork Synthesis Radio Telescope e del Very Long Baseline Interferometry Network, utilizzando le frequenze di 1,4 e 4,9 GHz, rivelano un'emissione radio che dal nucleo della galassia IC 2497 si estende verso l'Oggetto di Hanny. Tali risultati sem-

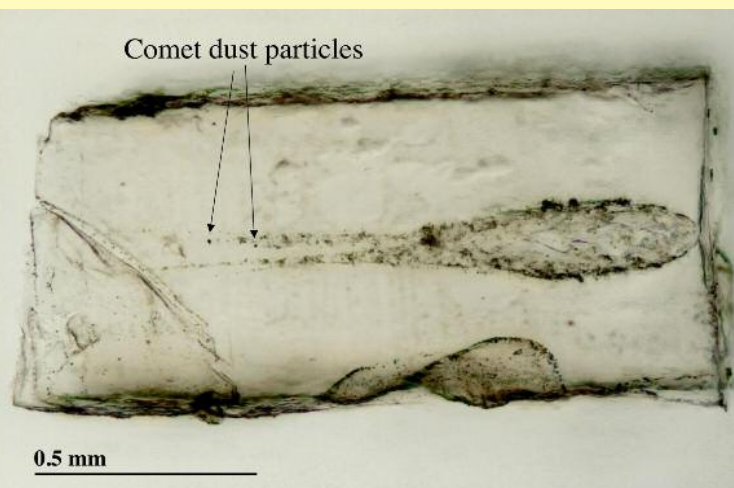


brano sostenere l'esistenza di un nucleo galattico ancora attivo, ma in tal caso la formazione scoperta dall'insegnante olandese anziché una nube isolata sarebbe parte di una formazione decisamente più grande. Un getto molto veloce e ben focalizzato di particelle relativistiche, perpendicolare al piano di rotazione della galassia, potrebbe avere liberato un varco nell'opaco mezzo interstellare ed essere la causa del gigantesco foro, ampio circa 16000 anni luce, che caratterizza la struttura individuata nell'ambito del progetto [Galaxy Zoo](#). In tal modo, l'intensa radiazione ultravioletta del nucleo attivo sarebbe riuscita a riscaldare e ionizzare una ri-

stretta regione della nube situata alla periferia di IC 2497. Questa gigantesca formazione gassosa che si estende per oltre 350000 anni luce ad ovest della galassia, capace di racchiudere una quantità di materia stimata in 5 miliardi di masse solari, potrebbe essere la conseguenza dell'interazione gravitazionale tra IC 2497 e qualche galassia transitata nelle vicinanze, poche centinaia di milioni di anni addietro. Il mancato rilevamento di raggi X da parte del satellite Swift, però, comporta che il nucleo

attivo ipotizzato per IC 2497, pur riuscendo a illuminare l'Oggetto di Hanny, risulta completamente schermato verso la Terra. Mentre gli scienziati tentano di risolvere i molti dubbi ancora esistenti sull'argomento, si può solo constatare che questo strano fenomeno è rimasto nascosto negli archivi informatici per anni prima di essere scoperto da un'astrofila con pochi clic del mouse. L'avventura capitata per caso alla giovane insegnante di musica dimostra, in conclusione, come la Citizen Science stia aprendo scenari completamente nuovi che permettono di ridurre le distanze tra i semplici appassionati del cielo e gli astronomi di professione.

Il progetto [Star-dust@Home](#) ha il compito trovare i minuscoli granelli di polvere rimasti intrappolati nella matrice di aerogel usata nella missione Stardust. L'immagine mostra quali sono gli effetti prodotti dall'impatto di microscopiche polveri cometaie, in questo caso provenienti da destra. [NASA/JPL]



42

devono superare alcuni semplici test di qualificazione. Occorre infatti un minimo di tirocinio per distinguere sulle fotografie riprese (mettendo a fuoco profondità variabili nell'aerogel trasparente) le gallerie scavate da minuscoli proiettili cosmici dai difetti presenti nella matrice.

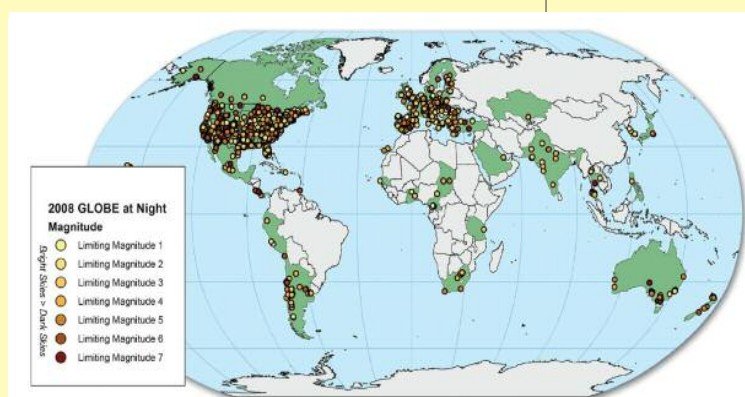
Ma osservare il cielo serve ancora!

Oltre ai progetti passivi e quelli moderatamente partecipativi visti sopra, ne esistono anche diversi altri, per fortuna, che si possono svolgere soltanto uscendo all'aperto e rivolgendo gli occhi al cielo. Tra i più semplici occorre rammentare [GLOBE at Night](#), che realizza mappe mondiali dell'inquinamento luminoso. Obiettivo principale di questa proposta educativa, rivolta agli studenti delle scuole medie, consiste principalmente nel sensibilizzare i giovani sulla necessità di realizzare impianti di illuminazione pubblica e privata compatibili con una migliore fruibilità della volta stellata. Volontari sparsi ovunque nel mondo sono invitati a controllare, usando l'occhio nudo o una specie di esposimetro, lo stato del cielo nei luoghi dove vivono. Il modo più semplice per partecipare consiste nel confrontare la costellazione di Orione con una delle sette mappe fornite dal progetto, per individuare quale tra queste rappresenta meglio la situazione

reale. Una volta trovate le coordinate geografiche della località cui si riferisce la misurazione, basta comunicare i risultati nell'apposita pagina messa a disposizione dagli organizzatori.

Partecipare alle attività della già menzionata AAVSO, invece, richiede impegno e preparazione decisamente maggiori.

Questa associazione, nata ufficialmente nel 1911 presso l'Osservatorio di Harvard, coordina le attività amatoriali nel campo delle stelle variabili. La collaborazione è aperta a chiunque lo desideri e non comporta necessariamente l'impiego del computer, perché i risultati si possono



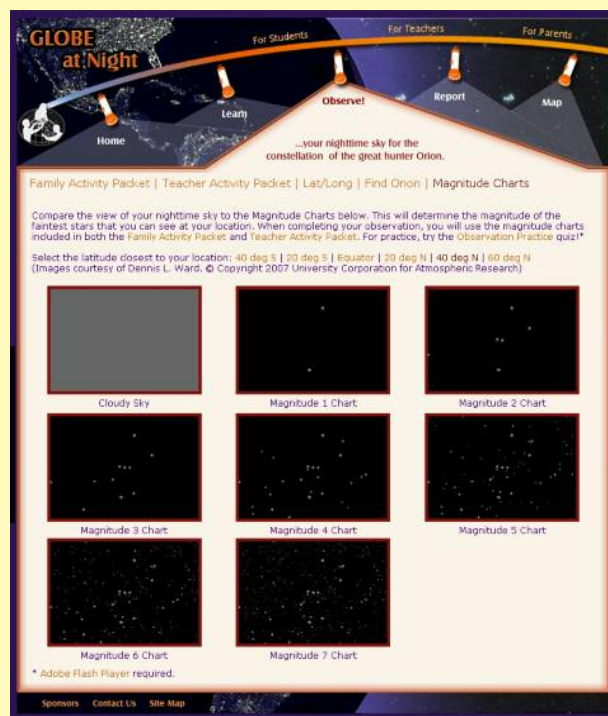
La mappa raffigura i risultati sullo stato dell'inquinamento luminoso, relativi a circa 6800 osservazioni, raccolti nel 2008 dal progetto [GLOBE at Night](#).

Il modo più semplice per partecipare a **GLOBE at Night** consiste nel confrontare la costellazione di Orione con una delle sette mappe fornite dal sito progetto, per individuare quale tra queste rappresenta meglio la situazione reale.

anche affidare, così come accadeva in passato, al tradizionale servizio postale. L'AAVSO ha raccolto nel corso della sua storia circa 17 milioni di misurazioni, eseguite da migliaia di volontari, assistendo gli astronomi in numerosissimi programmi di ricerca. Le osservazioni amatoriali, infatti, permettono di monitorare le stelle variabili più luminose, difficili da studiare con i grandi telescopi professionali, e forniscono un contributo sostanziale al numero di nove galattiche scoperte ogni anno. L'associazione mette a disposizione dei volontari carte di confronto, con evidenziate le stelle di magnitudini prossime a quelle raggiunte dalla variabile in esame, oltre a seguire con impegno numerosi programmi educativi rivolti soprattutto a insegnanti e studenti.

Conclusioni

Probabilmente il maggiore incentivo che induce migliaia di persone a dare il proprio contributo volontario ai programmi Citizen Science è il puro divertimento, ma a questo si aggiunge la gratificazione derivante dall'appartenenza a una comunità. Si può frequentare così una piazza virtuale che permette di interagire, mediante le principali forme di social networking (vale a dire e-mail, forum e blog), con i responsabili della ricerca e gli altri volontari. Oltre ai benefici legati agli aspetti ludici delle iniziative, si aggiungono quelli derivanti dalla consapevolezza di essere in qualche maniera utili all'avanzamento della scienza. Altri incentivi possono premiare il raggiungimento di particolari obiettivi: il progetto Stardust@Home, ad esempio, prevede che gli articoli pubblicati riportino tra gli



autori anche lo scopritore del granello di polvere sottoposto a indagine.

Gli insegnanti avranno in questi progetti alleati particolarmente utili per avvicinare gli studenti, spesso in maniera accattivante, ai metodi della scienza.

I progetti Citizen Science, infine, permettono di ridurre le distanze tra scienziati e cittadini comuni, riuscendo talvolta a superare l'indifferenza o, peggio, la diffidenza che alcuni nutrono nei confronti di ricerche solo in apparenza estranee alla loro realtà quotidiana.

Gianfranco Benegiamo è nato a Genova nel 1953. Laureato in Chimica, lavora nel campo della tutela dell'ambiente naturale, ma da sempre coltiva un profondo interesse per l'astronomia e la storia della scienza. Ha pubblicato una cinquantina di articoli sulle principali riviste di divulgazione astronomica e altri suoi scritti sono ospitati nel sito web del Circolo Astrofili Talmassons.

L'illusione della Luna

SECONDA PARTE

44

di Stefano Vezzani

Ian Parker - UCI

In questa seconda parte prenderemo in esame le due teorie più accreditate fra tutte quelle che tentano di spiegare il fenomeno dell'illusione della Luna. Ma dare una risposta definitiva non è affatto semplice...

L'illusione della Luna consiste nel fatto che la Luna appare molto più grande quando è in prossimità dell'orizzonte rispetto a quando è alta nel cielo.

Nell'articolo pubblicato sul numero precedente avevamo parlato dei fattori che influenzano l'illusione, ma non delle teorie che ambiscono a spiegarla. Lo facciamo ora.

Attualmente, vi sono solo due teorie in competizione fra loro, di cui la prima ha origini molto lontane nel tempo, mentre la seconda è relativamente recente.

Teoria 1: *l'illusione è dovuta all'applicazione inappropriata della costanza di grandezza.*

Secondo questa teoria la grandezza apparente della Luna è funzione della sua distanza apparente da noi: più essa sembra lontana e più sembra grande. La Luna ci sembra però più lontana quando ha una bassa elevazione rispetto a quando è alta nel cielo, ed è per questo che la vediamo più grande nel primo caso.

Come dimostra la figura qui sotto, gli spazi disomogenei sembrano più ampi di quelli omogenei ed è principalmente per questa ragione che la Luna ci pare più lontana quando è prossima all'orizzonte;



infatti, lo spazio che intercorre tra noi e l'orizzonte, riempito da oggetti e tessiture di ogni sorta, è in genere molto più disomogeneo di quello che intercorre tra noi e la Luna vicina allo zenit.

Questa teoria spiega perché l'illusione è

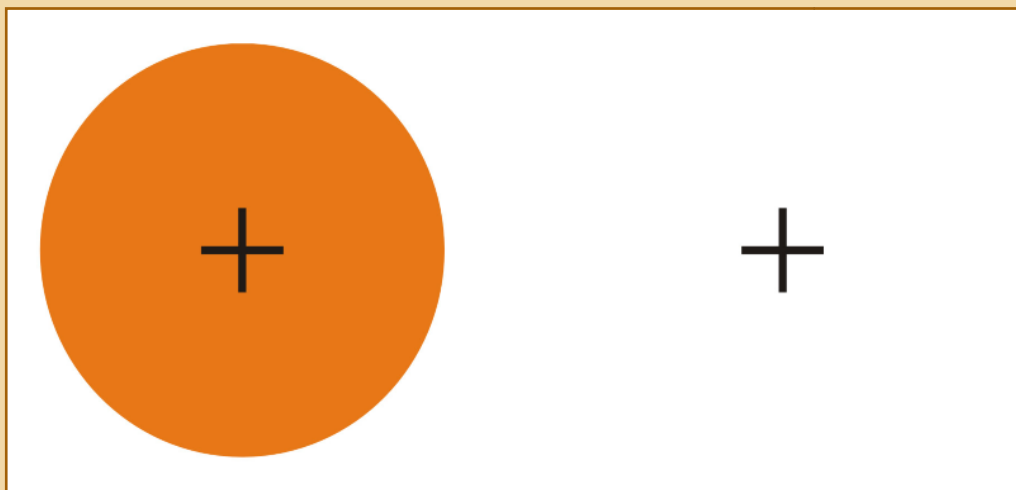
tanto più forte quanto più l'orizzonte sembra distante e quanto più esso e il terreno sono ben visibili. Come si è visto nel numero precedente, questo è il fattore più rilevante e, dice chi sostiene la teoria in questione, lo è perché la distanza apparente della Luna aumenta all'aumentare di quella dell'orizzonte, dal momento che la Luna, quando ha una bassa elevazione, viene vista alla stessa distanza dell'orizzonte o poco oltre.

Affermare che la Luna viene vista più grande perché viene vista più lontana sembra a prima vista in netto contrasto con la comune esperienza, e cioè col fatto che un oggetto sembra tanto più piccolo, non tanto più grande, quanto più è distante. Però, un oggetto sembra rimpicciolirsi quando si allontana da noi perché diminuisce la sua grandezza angolare; ma non è questo che succede nel caso della Luna, perché la Luna ha sempre la stessa grandezza angolare a qualsiasi distanza sembri trovarsi da noi. Alla Luna si applica dunque un altro caso, quello in cui due oggetti che si trovano a distanze diverse hanno le stesse dimensioni angolari, ovvero proiettano sulla retina immagini identiche. In questo caso l'oggetto che sembra più distante sembra anche più grande, e lo è real-

45

Lo spazio compreso fra le due barre verdi è uguale a quello occupato dalle barre rosse, ma sembra minore: è l'illusione di Oppel-Kundt.

Per meglio illustrare la teoria basata sulla costanza di grandezza, riproponiamo questa figura, la cui utilità è spiegata nel testo.

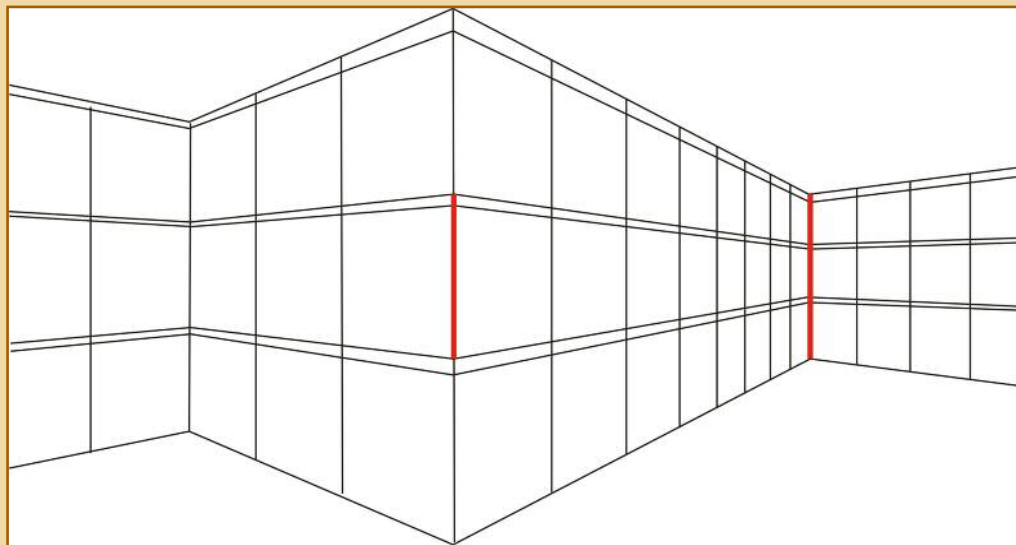


proprie dimensioni apparenti al variare (entro certi limiti) della loro distanza da noi. Ad esempio, una persona ci sembra solo un po' più piccola quando

si trova a 10 metri da noi rispetto a quando si trova a 5 metri; eppure, se la grandezza percepita fosse funzione esclusivamente della grandezza angolare, la persona dovrebbe sembrarci alta esattamente la metà. Non è così, e ciò perché, in qualche modo ancora ignoto, il nostro cervello "calcola" la grandezza percepita di un oggetto tenendo conto della distanza alla quale quell'oggetto sembra trovarsi. La relazione tra grandezza angolare, grandezza percepita e distanza percepita è più o meno la seguente:

$$\text{grandezza percepita} = \text{grandezza angolare} \times \text{distanza percepita}.$$

Quando la persona si allontana, la sua grandezza angolare si dimezza, ma la sua distanza percepita raddoppia, per cui il prodotto di questi due fattori, cioè la grandezza percepita, rimane costante. Quando invece, come nel caso della Luna, la grandezza angolare è costante, è evidente che all'aumentare della distanza percepita deve aumentare la grandezza percepita; quindi la Luna deve sembrare tanto più grande quanto



Una versione della famosa illusione di Müller-Lyer: per quanto possa sembrare incredibile, le due linee rosse sono identiche e le loro estremità sono perfettamente allineate.

più sembra distante, e visto che sembra più distante quando è all'orizzonte deve sembrare anche più grande in questa posizione. Ciò è appunto quanto si verifica, per cui l'illusione della Luna si direbbe spiegata.

È semplice sperimentare di persona la costanza di grandezza. Si fissi per mezzo

immagine consecutiva, secondo chi sostiene la teoria di cui stiamo parlando. Del resto, si ricorderà forse dal numero precedente che uno dei metodi utilizzati per lo studio dell'illusione della Luna consiste proprio nel formare un'immagine consecutiva "proiettandola" poi in varie posizioni nel cielo.

Le quattro persone sono identiche, ma ciascuna di esse sembra tanto più grande quanto più sembra distante.

minuto la croce di sinistra della già nota figura di pag. 46, spostando poi lo sguardo sulla croce di destra: si vedrà un disco illusorio azzurro (si tratta di un'immagine consecutiva negativa, fenomeno di cui si è già parlato sul numero precedente). Ci si allontani poi dalla pagina, continuando a fissare la croce di destra: si noterà che il disco illusorio si espanderà in modo impressionante, tanto più quanto più la pagina sarà lontana. Se poi si sposterà lo sguardo su una parete distante un paio di metri, l'espansione sarà ancora maggiore.

Ecco come viene in genere spiegato questo fenomeno. Quando ci si allontana dalla pagina, anche l'immagine consecutiva sembra allontanarsi, perché continua ad essere vista sulla pagina; poiché viene correttamente vista più lontana, e poiché le sue dimensioni angolari rimangono costanti, la sua grandezza percepita deve necessariamente aumentare, se vale l'equazione riportata qui sopra, e infatti aumenta.

La Luna si comporta proprio come l'im-

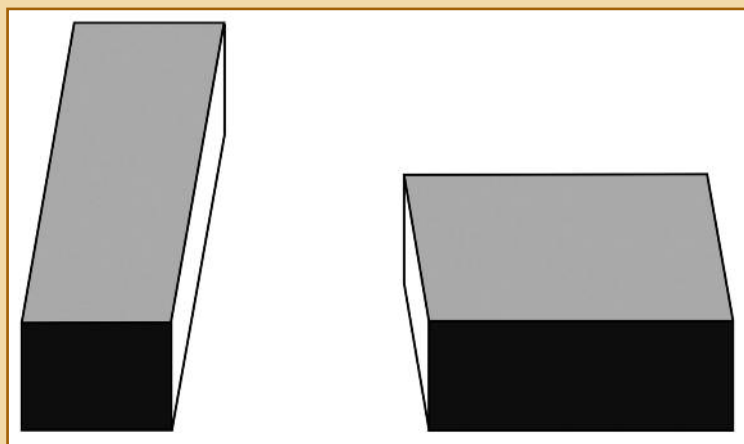


Non sarà male illustrare ulteriormente la potenza della costanza di grandezza, perché è un fenomeno di cui ben pochi si rendono conto. Date un'occhiata alla figura in basso di pag. 46: le due linee rosse sono identiche, e le loro estremità sono allineate, però si stenta a crederlo, infatti la linea di destra sembra molto più lunga. Essa sembra però anche molto più distante ed è molto probabile che sia vista più lunga proprio per questa ragione (costanza di grandezza).

L'illusione "del corridoio", di cui mostriamo una versione qui sopra, può essere spiegata allo stesso modo: le quattro persone sono tra loro identiche, anche se proprio non si direbbe. Infatti, ciascuna di esse sembra tanto più grande quanto più sembra distante. Potete trovare una versione "manipolabile" dell'illusione del corridoio presso

questo sito: [Perspective Illusion](#). Un'altra illusione impressionante causata probabilmente dalla costanza di grandezza (o meglio, in questo caso, dalla costanza di forma) è l'[illusione di Shepard](#) (qui sotto). Le spiegazioni basate sulla costanza di grandezza, però, si imbattono in una grave difficoltà, il paradosso grandez-

zista: a parità di dimensioni angolari, si direbbe proprio che se l'oggetto più vicino viene visto correttamente come più piccolo ciò debba necessariamente avvenire perché esso è visto anche come più vicino; si verifica, invece, il contrario. Si noti che se l'oggetto più piccolo viene giudicato più lontano è proprio perché è più pic-



Le due aree grigie sono identiche, cioè sovrapponibili. Per convincersene veramente è necessario stampare la figura, ritagliare le due aree e sovrapporle.

colo: a parità di tutti gli altri fattori, infatti, la regola è che di due oggetti viene visto più lontano il più piccolo. Quindi,

uno dei due oggetti viene giudicato più piccolo perché più vicino, e poi giudicato più lontano perché più piccolo! In questo consiste il paradosso grandezza/distanza.

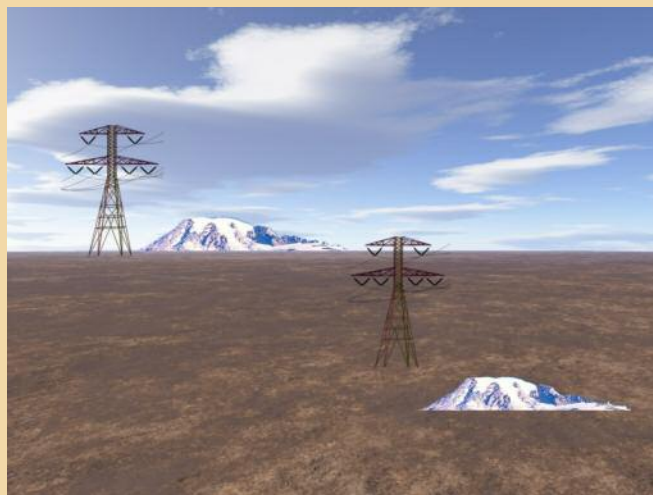
Nel caso dell'illusione della Luna sembra verificarsi lo stesso paradosso: la Luna sembra più grande all'orizzonte perché sembra più distante, ma poi viene vista più vicina perché sembra più grande! Come si spiega tutto ciò?

I vari tentativi di salvare la teoria in questione condividono quest'idea di fondo: la Luna all'orizzonte (a) viene percepita più lontana, per cui (b) viene percepita più grande, per cui (c) viene giudicata più vicina. Insomma: i soggetti la percepirebbero più lontana, ma la giudicherebbero più vicina in seguito ad un ragionamento più o meno cosciente. Di conseguenza, le loro risposte alla domanda "la Luna ti sembra più lontana o più vicina quando è all'orizzonte" non confuterebbero la teoria basata sulla costanza di grandezza perché sarebbero il frutto di un ragionamento, non di quanto essi realmente vedono.

za/distanza: è proprio vero che la Luna sembra più lontana quando è all'orizzonte? Si direbbe, purtroppo, di no: la maggior parte delle persone, infatti, se interrogata in proposito, dice proprio l'opposto, dice cioè che essa sembra più vicina.

Questo fatto è stato ed è considerato da molti una confutazione della spiegazione basata sulla costanza di grandezza. Le cose non sono però così semplici, e non lo sono perché esiste il cosiddetto paradosso grandezza/distanza. Supponiamo che una persona si trovi di fronte due oggetti, posti a distanze diverse, identici per dimensioni angolari ma diversi per dimensioni lineari, e che debba dire quale di essi gli sembra più grande e quale più distante. Se gli indizi di distanza sono molto limitati, ovvero se si usano oggetti privi di tessitura su uno sfondo perfettamente omogeneo, si trova sperimentalmente che l'oggetto più piccolo e più vicino viene giudicato sì più piccolo (correttamente) ma anche più distante (erroneamente). Questo è un paradosso: visto che i due oggetti hanno le

I due oggetti in basso sono identici a quelli in alto, anche se sembrano molto più piccoli. Ancora una volta sembra più grande quel che sembra più lontano.



Tuttavia, molti studiosi sono scettici nei confronti di argomenti di questo tipo, e insistono nel dire che la Luna all'orizzonte è non solo giudicata, ma anche percepita più vicina. Il paradosso grandezza-distanza è la ragione principale per cui si sono cercate spiegazioni alternative a quella basata sulla costanza di grandezza. Consideriamo ora la principale tra queste alternative.

Teoria 2: *l'illusione è dovuta alla micropsia da convergenza/accomodazione.* La seconda teoria attribuisce l'illusione alla cosiddetta micropsia da convergenza/accomodazione, causata dal fatto che, quando si guarda la Luna allo zenit, l'accomodazione, la convergenza e il diametro pupillare assumono valori appro-

priati per distanze ravvicinate. Questa teoria è preferita da alcuni alla precedente soprattutto perché ha il grande pregio non di risolvere, ma piuttosto di dissolvere il paradosso grandezza/distanza.

Si illustrerà qui brevemente solo la più semplice tra le diverse varianti di questa teoria; chi vuole approfondire può farlo visitando il sito [The Moon Illusion Explained](#).

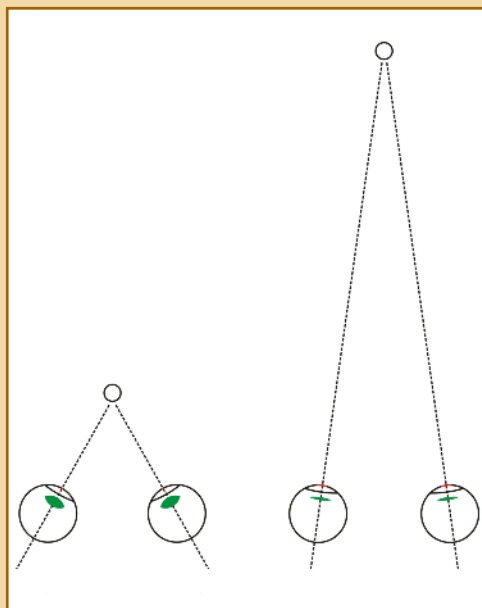
L'accomodazione è il meccanismo di "messa a fuoco" dell'occhio. Essa consiste nel fatto che il cristallino, una lente convergente interna all'occhio, cambia di spessore a seconda della distanza a cui si trova l'oggetto che guardiamo: si ispessisce per oggetti vicini e si assottiglia per oggetti lontani.

La convergenza consiste nel fatto che quando fissiamo un oggetto i nostri occhi ruotano nelle orbite in modo tale da convergere su di esso. Più l'oggetto è vicino e più almeno uno dei due occhi deve ruotare (vedi figura a lato).

Il diametro pupillare dipende, tra gli altri fattori, dalla distanza dell'oggetto che si guarda; più l'oggetto è vicino e più il diametro pupillare si riduce.

Accomodazione, convergenza e diametro pupillare tendono fortemente a variare assieme, per cui si parla talvolta di *triade per vicino*. La figura a lato illustra come i tre fattori variano al variare della di-

Quando fissiamo un oggetto vicino (a) gli occhi convergono, (b) il cristallino (in verde) si ispessisce e (c) la pupilla (in rosso) si contrae. Quando fissiamo un oggetto lontano avviene l'opposto.



stanza dell'oggetto fissato. La pupilla è indicata in rosso, il cristallino in verde. Inoltre, e questo è molto importante, in presenza di un campo visivo omogeneo, ad esempio al buio completo, sia accomodazione che convergenza sono per una distanza di 1-2 metri, con ampie variazioni individuali. In altre parole, lo stato di riposo di convergenza e accomodazione è per questa distanza. Ma cos'è la micropsia da convergenza/accomodazione? Essa consiste nel fatto che gli oggetti ci sembrano più piccoli, anche di molto, quando accomodiamo e convergiamo gli occhi per vicino; questo vale per tutti gli oggetti nel campo visivo, non solo per quello che stiamo fissando.

Potete sperimentare di persona la micropsia con la cosiddetta manovra di Hering: chiudete un occhio, e stendete completamente il braccio alzando il pollice, tenendo sullo sfondo del dito una finestra, o una porta, distante circa 3 metri. Fissate la punta del dito, ma prestate attenzione alle dimensioni apparenti della finestra. Avvicinate gradualmente a voi il pollice, continuando a fissarlo: la finestra sembrerà restringersi. Si badi, però: per notare l'effetto è necessario sforzarsi di considerare la finestra e ciò che si trova tra i suoi margini come un'immagine, come un quadro.

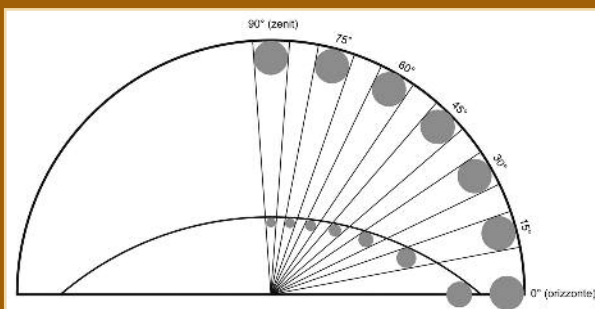
La manovra di Hering può essere provata anche con la Luna o col Sole al tra-

La teoria di Alhazen

Il primo scienziato a sostenere che quando è all'orizzonte la Luna sembra più grande perché sembra più lontana fu l'arabo Ibn Al-Haytham (Alhazen), vissuto tra il decimo e l'undicesimo secolo. Secondo Alhazen, la Luna sembra "incollata" alla volta celeste, e la percepiamo più vicina (e dunque più grande) quando è alta nel cielo perché la volta celeste ci sembra *ribassata al centro*.

Nel 1738 Robert Smith illustrò questa teoria con la figura qui riportata. L'arco più esterno rappresenta l'orbita lunare, e quello più interno la volta del cielo: la proiezione della Luna su questa volta mostra che, se noi percepiamo appunto tale proiezione, la Luna non può che sembrare più piccola, quando si trova in prossimità dello zenit.

Sempre Robert Smith pensò bene di dimostrare questa teoria chiedendo alle persone di stendere un braccio e di indicare con un dito il punto di mezzo tra l'orizzonte e lo zenit. Fatelo anche voi, e poi misurate l'inclinazione reale del braccio: constaterete sicuramente di aver indicato una posizione molto più vicina all'orizzonte che allo zenit; un errore superiore ai 10° è normale! Questo fenomeno, per ragioni geometriche, corrobora la teoria di Alhazen e Smith. Un'altra versione dell'esperimento di Smith consiste nel guardare la Luna o il Sole stimandone l'elevazione e controllando poi l'elevazione reale. Anche in questo caso l'errore non dovrebbe essere molto inferiore ai 10°. Si noti che nelle foto quest'illusione non si verifica, e, visto che anche l'illusione della Luna scompare nelle foto, questa è un'altra ragione per sospettare che tra i due fenomeni vi sia effettivamente un legame.



Questa figura (Smith, 1738) illustra la teoria di Alhazen, che spiega l'illusione della Luna col fatto che il cielo ci sembra una volta ribassata al centro.



In condizioni naturali di osservazione, il Sole vi sembrerebbe molto più alto sull'orizzonte che in questa immagine.

monto: basta porre il pollice in prossimità dell'oggetto celeste ed effettuare la manovra.

Anche il diametro pupillare determina micropsia, probabilmente per i suoi effetti su accomodazione e convergenza. Create una pupilla artificiale praticando un foro di spillo in un foglio di carta opaca, e osservate la Luna attraverso di essa. Consterete una forte illusione: la Luna vi sembrerà molto più piccola, di circa il 50%, sia quando è prossima all'orizzonte che quando è alta nel cielo. L'effetto venne notato già da Leonardo. Ma come può tutto ciò spiegare l'illusione della Luna? Ad esempio, nel modo seguente.

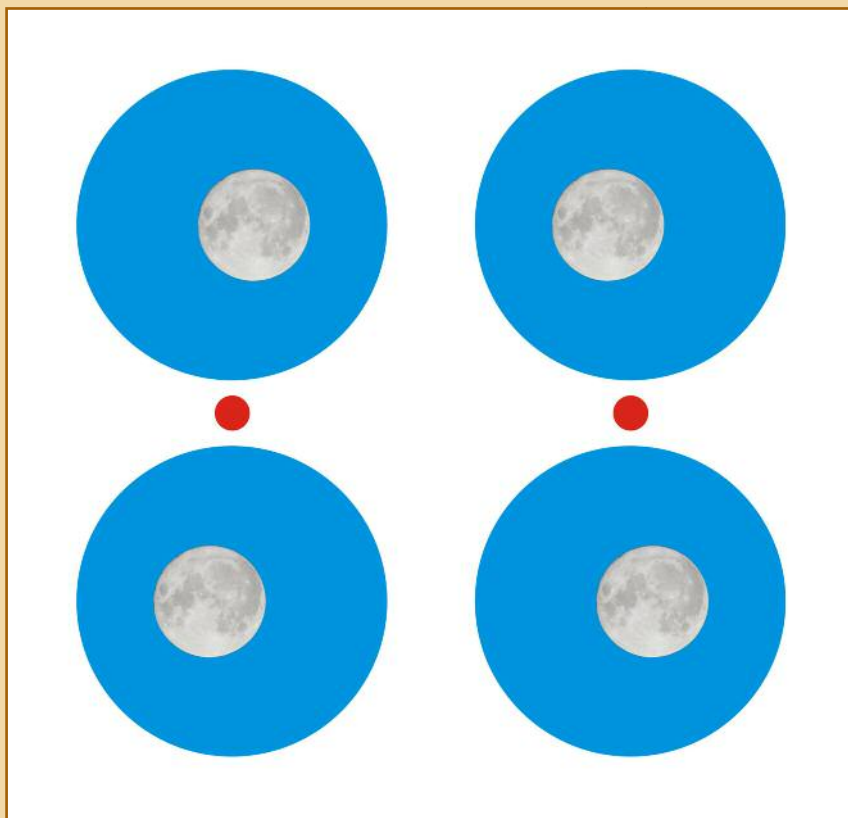
Il cielo che circonda la Luna alta nel cielo è, mediamente, molto più omogeneo del contesto in cui la Luna viene a trovarsi quando è all'orizzonte, e ciò è particolarmente vero quando il cielo è sereno. Di conseguenza, quando la Luna è alta nel cielo accomodazione e convergenza tenderanno verso il loro stato di riposo, e saranno dunque relativamente *per vicino*. Ma si è detto che accomodazione e

convergenza per vicino causano micropsia, ed è proprio per questo che la Luna ci sembra più piccola quando è alta nel cielo.

Questa teoria è supportata da diversi fatti. Roscoe trovò, che, effettivamente, i suoi soggetti accomodavano per una distanza più ravvicinata quando guardavano una Luna molto elevata che non una Luna prossima all'orizzonte (Roscoe, S. N. (1989). *The zoom-lens hypothesis*. In: M. Hershenson (a cura di), *The Moon Illusion*, pp. 31-57, Hillsdale, NJ: L. Erlbaum. La validità dei risultati di Roscoe è però messa in dubbio da Kaufman e Rock, nell'articolo citato alla nota 21). Un altro fatto che fa sospettare che il sistema oculomotorio svolga un ruolo importante è che l'illusione è più debole, anche di molto, se la Luna viene osservata con un solo occhio (a patto però che essa non sia stata prima osservata con entrambi gli occhi).

Come si è anticipato, questa seconda teoria dissolve il paradosso grandezza/distanza. Lo dissolve perché chiama in causa una sola distanza, quella perce-

Potete imparare [qui](#) come fondere questi due stereogrammi. Se riuscirete a fonderli divergendo gli occhi, la Luna superiore vi sembrerà più vicina di quella inferiore. In quanto più vicina, essa vi sembrerà anche un po' più piccola.



52

pita, anziché due. Lo scatenamento della triade per vicino avrebbe infatti un effetto diretto sulle dimensioni apparenti della Luna, senza implicare un calcolo della distanza; tali dimensioni apparenti farebbero poi sì che la Luna venga vista più vicina quando è all'orizzonte. Non vi è dunque spazio, in questa teoria, per una distanza giudicata, il che dissolve il paradosso in questione. Dal canto loro, i principali sostenitori della prima teoria, cioè Kaufman e Rock, non negano che accomodazione e convergenza svolgano un ruolo, ma ritengono che lo svolgano in quanto indizi di distanza. È infatti assodato che il cervello calcola la distanza degli oggetti servendosi, tra gli altri indizi, anche di accomodazione e convergenza. Per Kaufman e Rock, accomodazione e convergenza segnalano che la Luna all'orizzonte è più distante, e ciò contribuisce a far sì che essa sembri più grande. Naturalmente, se si accetta questa interpretazione il paradosso grandezza/distanza permane, perché rimangono due distanze in gioco, cioè quella percepita e quella prima giudicata e poi riferita dai soggetti.

Concludendo, non si è ancora trovato un accordo su come spiegare l'illusione della Luna, malgrado si tratti di un fenomeno noto e studiato da millenni. Ciò contrasta con quanto si conclude nella maggior parte dei lavori divulgativi sull'argomento, ovvero che una spiegazione condivisa è stata in realtà trovata, e che tale spiegazione consiste nella

prima delle due teorie qui esposte; l'autore di questo articolo ritiene però che questa conclusione sia giustificata non certo da dati di fatto, ma soltanto dalla lunga tradizione che sta dietro alla teoria basata sulla costanza di grandezza, ed al prestigio, peraltro giustificato, di cui godono gli esponenti contemporanei di tale tradizione.

Stefano Vezzani è stato ricercatore di psicologia presso l'Università di Milano-Bicocca, dove ha tenuto corsi di psicologia cognitiva. Ha pubblicato articoli di psicologia della percezione visiva su riviste scientifiche internazionali, e attualmente si occupa di divulgazione scientifica.

La conquista dello SPAZIO

IL SOGNO DELL'UOMO DIVENTATO REALTÀ

La più completa produzione astronautica mai realizzata

4 DVD con oltre 5 ore di contenuti, realizzati in collaborazione con l'ESA

- DAI PRIMI MISSILI AI PROGETTI APOLLO E SOYUZ
- DALLO SBARCO SULLA LUNA ALL'ESPLORAZIONE INTERPLANETARIA
- DALLE SFIDE USA-URSS AL PROGETTO DISCOVERY
- LE NUOVE FRONTIERE DELL'ESPLORAZIONE SPAZIALE



€ 39,90 per il cofanetto
€ 7,90 per la spedizione
in contrassegno



per ordinare il cofanetto scrivi a DVD@astropublishing.com

i dati personali da noi raccolti saranno trattati nel rispetto dell'ultima normativa sulla privacy

Ares I-X parte a razzo...

Il 28 ottobre scorso, alle 15:30 GMT, è stato lanciato il prototipo del razzo Ares I per un volo di test. Il razzo Ares I, con la nuova capsula Orion, dovrebbe sostituire lo Shuttle per i voli pilotati a partire dal 2015. Denominato Ares I-X per questo primo test, il razzo è partito dalla rampa 39B di Cape Canaveral,

dopo una serie di rinvii a causa del maltempo, per un volo suborbitale della durata di 6 minuti. In questo primo test si è voluto collaudare il primo stadio, derivato dai booster ausiliari dello Space Shuttle a cinque segmenti, di cui solamente quattro riempiti di carburante. Il secondo stadio e la capsula erano solamente dei simulacri utilizzati unicamente per ricreare i pesi al lancio. Il razzo, alto quasi 100 metri, è stato dotato di oltre 700 sensori che hanno inviato una mole di dati sulle varie fasi del lancio, del volo atmosferico e del rientro, con particolare attenzione a vibrazioni, pressioni, temperature e carichi aerodinamici. L'analisi di questi dati, che avverrà nei prossimi mesi, servirà per meglio comprendere, ed eventualmente modificare, il funzionamento del razzo e dei suoi sottosistemi, non-

ché tutte le operazioni di terra. Con 1200 tonnellate di spinta, il razzo si è sollevato fragorosamente dalla rampa di lancio, modificata per l'occasione, ed ha iniziato il suo volo, completando la fase di spinta due minuti più tardi e ricadendo in mare, dopo la separazione dei due stadi, nei successivi quattro minuti. La quota massima raggiunta è stata di 50 km e la

distanza del punto di caduta calcolata dalla rampa di lancio di 240 km. La massima velocità raggiunta è stata di 4,76 Mach con un'accelerazione di 3g, simile a quella dello Shuttle. *"È stato un giorno spettacolare - ha dichiarato Bob Ess, Mission Manager di Ares I-X - il veicolo ha volato meglio di quanto ci aspettassimo."* In realtà la separazione dei due stadi, avvenuta tramite dodici piccoli motori a raz-

zo installati sul primo stadio, ha dato alcune preoccupazioni, in quanto appena dopo la separazione il secondo stadio ha cambiato direzione repentinamente e prima del previsto, arrivando a sfiorare il primo stadio che ha proseguito la sua corsa come stabilito. All'apice della traiettoria il razzo ha iniziato la fase di discesa che prevedeva l'apertura di tre paracadute come per i booster dello Shuttle.

L'apertura dei paracadute non ha funzionato correttamente, pare infatti che ci sia stato un problema nella sequenza di apertura che ha provocato una errata apertura di un paracadute, che ha interferito nell'apertura del secondo, dispiegatosi quindi solo in parte. Solo uno dei tre paracadute si è aperto regolarmente. Questo ha fatto sì che il primo stadio impattasse la superficie del-

l'Oceano Atlantico ad elevata velocità e con una angolazione errata, provocando un'evidente ammaccatura sulla parte esterna dello stadio stesso. La nave di recupero Freedom Star, che stazionava nei pressi del punto dell'impatto ha, recuperato lo stadio e i paracadute, che verranno analizzati dagli ingegneri e dai tecnici della ATK, l'azienda produttrice



Il lancio del razzo Ares I-X. [Roger Guillemette/Space.com]

Il danno al primo stadio di Ares I-X fotografato dai sub addetti al recupero. [NASA]

del primo stadio. Dalle prime dichiarazioni sembra che la ATK avesse preannunciato una situazione simile a causa del carico maggiore (cinque segmenti invece di quattro) e ha in cantiere una versione riveduta con una modifica al primo segmento che dovrebbe scongiurare il ripetersi di questa eventualità.

Benché sia previsto il recupero e il riutilizzo del primo stadio del razzo Ares I, quello di questo volo non sarà più utilizzato. Anche la Pad 39B ha subito danni importanti e si sta già provvedendo alla riparazione insieme ad un'analisi della struttura che servirà per la riprogettazione o la modifica di alcune installazioni della rampa stessa.



...ma la Commissione Augustine frena!

Il lancio di prova di Ares I-X è avvenuto pochi giorni dopo la presentazione ufficiale del rapporto finale redatto dalla commissione HSF (Human Space Flight Review Committee) meglio conosciuta come Commissione Augustine dal nome del senatore Norman Augustine che l'ha presieduta. Voluta dal presidente Obama per avere un resoconto palpabile degli investimenti fino ad ora elargiti e per comprendere lo stato di avanzamento del Programma Constellation, la commissione ha iniziato un'analisi approfondita del progetto a partire dal maggio scorso. Dopo successive analisi dei fondi stanziati e sull'avanzamento di studi e progetti relativi al Programma Constellation, che ricordiamo essere partito sull'onda emozionale della tragedia dello Shuttle Columbia, avvenuta nel febbraio 2003, e facente parte della "Vision for Space Exploration" del presidente Bush jr, la commissione ha evidenziato che: *"il Programma Constellation è insostenibile a causa di*

fondi insufficienti e della programmazione di irrealistici passi da effettuare, che minacciano di rendere i nobili obiettivi del programma irrealizzabili". La commissione, di cui fanno parte anche gli ex-astronauti Sally Ride e Leroy Chiao, ha verificato che con gli stanziamenti attuali il razzo vettore Ares I e la capsula abitata Orion non sarebbero pronti nel 2015 come previsto, bensì nel 2017, lasciando un intervallo di tempo elevato tra la dismissione dello Space Shuttle, prevista per l'anno prossimo, e l'inizio dei voli pilotati con la capsula Orion; pertanto, il progetto di ritornare sulla Luna per il 2020 sarebbe spostato in avanti ad oltre il 2030, considerata anche la progettazione, realizzazione e test del nuovo lanciatore pesante Ares V e del modulo lunare Altair. L'obiettivo Marte, obiettivo principale della Vision for Space Exploration, non è preso nemmeno in considera-



La Commissione Augustine durante la presentazione del rapporto finale. [NASA]

zione. Neanche l'abbandono prematuro della stazione spaziale internazionale da parte americana, previsto per il 2015, recupererebbe i fondi necessari. Di conseguenza la commissione ha proposto delle alternative o "consigli" all'amministrazione Obama, che dovrà prendere una decisione. In particolare la ISS dovrebbe essere mantenuta in attività almeno fino al 2020 (sarebbe uno spreco utilizzare una stazione spaziale per soli cinque anni dal suo completamento quando ne sono stati necessari 12 per la sua realizzazione); la NASA dovrebbe ricevere a partire da quest'anno un aumento dei fondi pari a 3 miliardi di dollari annui, per proseguire con la tempistica attuale il Programma Constellation e permettere all'uomo di ritornare sulla Luna nel 2020; l'eventualità dell'abbandono del razzo Ares I, in modo da demandare ai privati la possibilità di realizzare razzi per capsule pilotate, che permettano il raggiungimento dell'orbita bassa e la ISS, lasciando alla NASA il compito di sviluppare un razzo pesante tipo Ares V per grossi carichi. Altre alternative sono l'abbandono di Ares I con l'estensione della vita dello Shuttle fino al 2015, con due voli l'anno verso la ISS (anche per non dipendere dai russi) e, a partire da questa data, lasciare ai privati (as esempio, SpaceX) l'invio di capsule pilotate in orbita bassa, con lo sviluppo da parte NASA di un HLV Shuttle Derived (Heavy Lift Vehicle), derivato dallo Shuttle, abbandonando anche l'Ares V, che permetterebbe il

ritorno della capsula Orion alla versione precedente più pesante e con 6 uomini a bordo invece di 4, per missioni beyond-LEO (oltre l'orbita bassa).

Il progetto più interessante di HLV Shuttle Derived è il razzo pesante Jupiter; più flessibile e configurabile sia per il trasporto di grossi carichi che per il lancio della capsula Orion. Di conseguenza dovranno cambiare anche le strategie di missione. Ne sono state prese in considerazione tre: "Mars first", "Moon first" e "Flexible path" (punti Lagrangiani L1-L2, asteroidi e/o comete). La Commissione Augustine ha escluso la strategia "Mars First" a causa dello sviluppo tecnologico e di conseguenza per ragioni economiche. Le altre due restano valide ma la commissione propende per la "Flexible path" poiché l'idea di missioni con equipaggio verso i punti Lagrangiani o flyby di asteroidi o comete sarebbe considerata sempre una "prima" che consentirebbe un consenso mediatico e popolare non indifferente e che avrebbe l'effetto di rafforzare la NASA dal punto di vista economico, per lo sviluppo di tecnologie per il ritorno stabile sulla Luna. Inoltre, l'esperienza accumulata con questo tipo di missioni di lunga durata nello spazio esterno convergerebbero nello sviluppo delle missioni verso la Luna e verso Marte, con la possibilità di realizzare avamposti permanenti sulla superficie di questi corpi del sistema solare. La decisione finale, prevista per febbraio 2010, toccherà al Presidente Obama e alla sua amministrazione.

Un 2010 tutto italiano

Gli astronauti italiani Roberto Vittori (a sinistra) e Paolo Nespoli (a destra) avranno l'opportunità di ritornare nello spazio il prossimo anno. Infatti, in base agli accordi bilaterali stipulati tra l'ASI (Agenzia Spaziale Italiana) e

la NASA riguardo all'utilizzo dei moduli logistici MPLM (Multi-Purpose Logistic Module) costruiti dall'Italia, si sono decise le assegnazioni dei due astronauti per due voli nella seconda parte del prossimo anno. Per Roberto Vittori sarà il terzo volo: dopo i due con le Soyuz TM-34 e Soyuz TMA-6, prenderà parte come specialista di missione al volo STS-134 dello Space Shuttle. Durante questa missione, prevista per luglio o settembre 2010, verrà installato sulla stazione spaziale internazionale lo strumento AMS (Alpha Magnetic Spectrometer). Lo strumento sarà montato sul lato destro del traliccio principale della ISS, durante una delle tre attività extraveicolari previste per questa missione. AMS raccoglierà informazioni dalle sorgenti cosmiche alla ricerca di prove della presenza di antimateria, così da migliorare ulteriormente la nostra conoscenza dell'universo. Vittori batterà anche due record: sarà il primo astro-



nauta italiano ad aver volato sia con la Soyuz sia con lo Space Shuttle e sarà con ogni probabilità l'ultimo europeo a volare con lo Space Shuttle. Paolo Nespoli, invece, prenderà parte ad una missione di lunga durata (6 mesi) sulla stazione spaziale internazionale (Expedition 26b/27a). Dopo la missione con lo Space Shuttle STS-120, Nespoli farà parte dell'equipaggio della Soyuz TMA-20 come flight engineer. La missione è stata pianificata per essere svolta da novembre 2010 a maggio 2011. Nespoli ha già iniziato il periodo di addestramento dedicato alla ISS e alle missioni di lunga durata in Russia e negli Stati Uniti.



Rappresentazione grafica del rientro del cargo giapponese HTV-1. [JAXA]

57

Rientrato l'HTV-1

Il 2 novembre scorso, alle 21:26 GMT, il cargo automatico giapponese HTV-1 ha terminato la sua missione di 52 giorni compiendo un rientro atmosferico distruttivo al largo delle coste della Nuova Zelanda, in pieno Oceano Pacifico. Il giorno precedente, dopo il distacco dalla ISS, avvenuto sempre tramite il braccio robotico e il successivo rilascio, HTV aveva eseguito tre accensioni dei razzi per diminuire la velocità orbitale (l'ultima della durata di otto minuti) e abbassare di conseguenza l'orbita fino a venire in contatto con la parte alta dell'atmosfera che, a sua volta, ne ha ulteriormente rallentato la velocità. L'attrito sviluppatosi tra l'atmosfera e il veicolo ha fatto il resto, disintegrando il cargo giapponese. La JAXA,

l'agenzia spaziale giapponese, stima che la gran parte del veicolo si sia distrutta, ma non esclude che alcune parti, come i serbatoi del propellente, ormai vuoti, possano essere sopravvissuti al rientro e quindi inabissatisi nell'Oceano Pacifico.

La JAXA ha in programma fino al 2016 ulteriori sei voli di altrettanti moduli cargo HTV. Ricordiamo che i moduli giapponesi sono molto importanti e lo saranno ancora di più nel momento in cui lo Shuttle verrà ritirato dal servizio. Difatti resteranno gli unici veicoli a poter trasportare verso la ISS carichi di grosse dimensioni, come i racks per gli esperimenti. L'ATV europeo e le capsule russe Progress sono dotate invece di portelli di aggancio di dimensioni inferiori, che non permettono il trasporto di questa tipologia di strumenti.



Pavel Popovich, 1930-2009.

Se n'è andato un altro grande

Il 29 settembre scorso, è morto nell'ospedale di Gurzuf (Crimea-Ucraina) l'ex astronauta sovietico Pavel Popovich, uno dei pionieri del volo spaziale. La causa del decesso è stata una crisi cardiaca. Era nato nel 1930 nella città di Uzyn nei pressi di Kiev; da giovane prese una qualifica di carpentiere per poi laurearsi in ingegneria e contemporaneamente prese il brevetto di pilota militare. Nel 1960, dopo una carriera nell'aviazione, fu selezionato nel primo storico gruppo di 20 astronauti dell'Unione Sovietica, dei quali faceva parte anche Yuri Gagarin. Inizialmente fu considerato l'elemento del gruppo più accreditato per il primo volo umano. Nel 1962 fu assegnato al volo della Vostok 4, che insieme alla Vostok 3, comandata da Andrian Nikolayev, fu la prima missione in cui due veicoli spaziali con uomini a bordo si trovavano contemporaneamente in orbita terrestre. Nel 1964 divenne cosmonauta istruttore e comandante del secondo gruppo di allievi cosmonauti dell'Unione Sovietica. Successivamente Popovich fu selezionato per comandare una delle missioni di allunaggio sovietiche e si addestrò allo scopo tra il 1966 e il 1968 quando il programma fu abbandonato. Nel frattempo era stato selezionato come pilota della Soyuz 2, ma dopo l'incidente di Vladimir Komarov, la capsula fu lanciata senza uomini a bordo. A partire dal 1972 divenne capo dell'ad-

58

destramento dei cosmonauti. Nel 1974 in compagnia di Yuri Artyukhin, Popovich comandò la Soyuz 14 per una missione di 15 giorni a bordo della stazione spaziale Salyut-3. La missione aveva obiettivi militari ma anche esperimenti di medicina e di biologia. Dal 1978 fu vice comandante del Gagarin Cosmonauts Training Center occupandosi anche di test e ricerca scientifica a partire dal 1982, quando fu rimosso dal volo attivo, e fino al 1989. *"Egli è stato una delle poche persone che non ha mai avuto nemici, ma soltanto amici"* ha dichiarato l'ex-cosmonauta e capo della federazione dei cosmonauti Vladimir Kovalenok.

Il TDRS-1 va in pensione

Il satellite della NASA TDRS-1 (Tracking and Data Relay Satellite-1) è stato spento lo scorso mese di ottobre ed è stato ritirato dal servizio. I satelliti della serie TDRS fanno parte della costellazione di satelliti per telecomunicazioni della NASA. Il loro utilizzo principale sono le trasmissioni tra lo Space Shuttle e i centri di controllo a Terra e l'invio di dati dai satelliti scientifici, HST in primis. Considerato "la regina della flotta" con i suoi 25 anni di attività, il TDRS-1 ha svolto altri compiti dopo la sua missione primaria terminata nel 1990. Da allora ha assolto compiti di supporto alle telecomunicazioni di organismi scientifici come la National Science Foundation's Amundsen-Scott South Pole Station in Antartide. Aiutò la missione del Compton Gamma Ray Observatory inviando le sue osservazioni a Terra nel momento in cui andò in avaria il registratore di bordo. Fu il primo satellite a monitorare la fase di rientro dello Space Shuttle ed ebbe un ruolo di supporto ai lanci dal Kennedy Space Center nei primi anni No-



Il rilascio del satellite TDRS-1 dalla stiva di carico dello Shuttle Challenger. [NASA]

vanta. Il TDRS-1 divenne famoso nel 2002, quando fu utilizzato nell'ambito della telemedicina, riguardo a un intervento chirurgico condotto su uno scienziato che si trovava in Antartide. Supportò anche il primo Internet Web cast dal Polo Nord.

Costruito dalla TRW, ora parte della Northrop-Grumman, fu lanciato il 4 aprile 1983 durante il primo volo dello Shuttle Challenger (STS-6). Il satellite ebbe subito alcune difficoltà: lo stadio superiore IUS (Inertial Upper Stage) che lo doveva condurre in orbita geosincrona subì un'avaria che lo portò invece su un'orbita più bassa di 15000 km rispetto al previsto. Utilizzando i propri motori e con un cospicuo dispendio di carburante, il satellite riuscì verso la fine del 1983 a posizionarsi sull'orbita operativa prevista. Malgrado ciò la vita del TDRS-1 è risultata quattro volte superiore al pro-

grammato. Il 21 ottobre, è stato spostato innalzando la sua orbita di 300 km e liberando lo spazio per un altro satellite. Infatti il TDRS-3 ha preso il suo posto e il TDRS-7 è stato riposizionato per ricoprire la zona liberata dal TDRS-3. Lo spostamento del TDRS-3 ha permesso al satellite meteorologico GOES-3 di riprendere le attività di monitoraggio climatico sul Polo Sud, in accordo con le dichiarazioni della National Science Foundation. Attualmente otto satelliti rimangono a disposizione della flotta dei TDRS. Uno soltanto andò perso durante l'incidente del Challenger nel 1986. Secondo i piani della NASA sono previsti due nuovi satelliti della serie TDRS, con lanci da effettuarsi nel 2012 e nel 2013.

Ultimo incontro per Rosetta

La sonda Rosetta dell'Agenzia Spaziale Europea ha effettuato, lo scorso 13 novembre, l'ultimo flyby con assistenza gravitazionale della Terra. La manovra ha permesso di modificare la traiettoria della sonda per dirigerla verso i suoi prossimi obiettivi. Il massimo avvicinamento si è avuto alle ore 8:45 CET (Central Europe Time), ad una altezza di 2481 km, quando la sonda si trovava a transitare al di sopra dell'isola di Java. Costantemente in contatto con i controllori dell'ESOC (European Space Operations Centre), tramite la stazione di New Norcia in Australia prima, e quella di Maspalomas in Spagna dopo

l'incontro con la Terra, la sonda ha effettuato la manovra in modalità completamente automatica. La conferma del successo del flyby si è avuta alle 9:05 CET dello stesso giorno. Secondo le analisi successive, i tecnici dell'ESOC hanno confermato che la manovra ha fornito alla sonda ulteriori 3,6 km/s di velocità. Le attività della sonda in vista del flyby erano iniziate, però, già il 22 ottobre scorso con una manovra correttiva realizzata con i motori di bordo, che avevano risposto egregiamente. Per effettuare la manovra, la posizione della sonda era stata monitorata tramite la telemetria di bordo e raffrontata alle immagini degli star-tracker insieme all'effetto Doppler degli stessi segnali radio. Il tutto si è svolto regolarmente e ha portato Rosetta in vista della Terra per l'atteso flyby. L'occasione è stata ghiotta per riprendere il nostro pianeta con la stru-

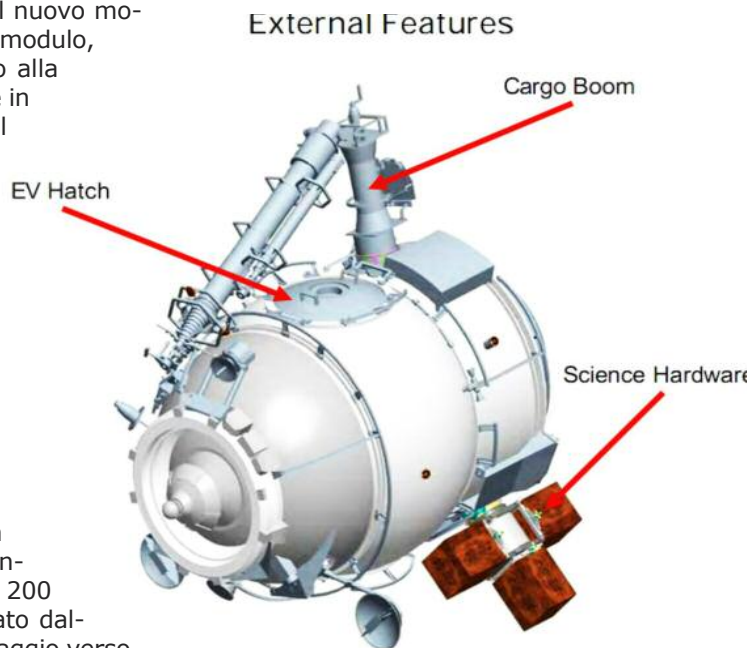
La Terra ripresa dallo strumento OSIRIS della sonda europea Rosetta. [ESA]



mentazione di bordo per verificarne lo stato operativo. Le operazioni scientifiche sono iniziate quando Rosetta si trovava ad una distanza di 633 000 km dalla Terra con l'accensione dello strumento OSIRIS (Optical, Spectroscopic, and Infrared Remote Imaging System) e la successiva ripresa della Terra. La metodologia di ripresa è stata pianificata per riprendere un'intera rotazione terrestre di 24 ore, con riprese intervallate di un'ora ciascuna, mentre la sonda si trovava in fase di avvicinamento. Rosetta, denominata anche "Comet Chaser" ha macinato 4500 milioni di km dei previsti 7100 milioni. I suoi prossimi obiettivi saranno l'incontro con l'asteroide (21) Lutetia, previsto per l'estate 2010, e l'incontro e lo studio per un anno solare della cometa 67P/Churyumov-Gerasimenko a partire dall'estate 2014.

Un nuovo modulo russo per la ISS

È giunto sulla stazione spaziale internazionale il nuovo modulo russo MRM-2 (Mini-Research Module-2). Il modulo, derivante dal predecessore Pirs già agganciato alla stazione nel 2001, è stato denominato Poisk che in russo significa "Ricerca". Analogamente al Pirs, il modulo Poisk aggiungerà una porta di aggancio al segmento russo della ISS, servirà anche come camera di decompressione per le attività extraveicolari e come volume abitabile aggiuntivo (10,7 metri cubi) per lo stoccaggio di attrezzature varie. L'MRM-2 ha una lunghezza di 4 metri, un diametro di 2,5 metri e un peso di 4 tonnellate. Il lancio è avvenuto dal cosmodromo di Baykonour l'11 novembre scorso, alle 14:22 GMT, dalla storica Launch Pad-1 conosciuta come "Gagarin's Start" poiché da essa prese il via la prima missione spaziale umana della storia dell'astronautica. Il modulo è stato sistemato in cima al modulo di servizio di una Progress M e lanciato con un vettore Soyuz-U. Ad una quota di 200 km il complesso Progress-M/MRM-2 si è separato dall'ultimo stadio del razzo e ha proseguito il suo viaggio verso la ISS. Come di consueto due giorni dopo, alle 15:41 GMT di giovedì 13 novembre, si è avuto l'aggancio, in modalità automatica, al portello zenitale del modulo Zvezda (quello nadirale è occupato dal modulo Pirs). La parte pressurizzata del modulo è stata riempita di circa 1000 kg di carico (cibo, acqua, vestiti per l'equipaggio), 800 kg dei quali costituiti dalle tute pressurizzate Orlan per le attività extraveicolari. Inoltre sono stati trasportati gli esperimenti denominati Bio-Emulsion, Plasma Crystal, Nano-Satellite, RadioScaf e un pacchetto di ricerche sulla biologia e sulle biotecnologie denominato Glavbox-S.



LCROSS conferma l'acqua lunare

È trascorso poco più di un mese dall'impatto della sonda LCROSS con la superficie lunare e già sono disponibili i primi risultati delle analisi condotte dai ricercatori della NASA. I tecnici si sono dedicati ad analizzare i dati provenienti dallo spettrometro di bordo (ulteriori analisi sui dati degli altri strumenti della sonda seguiranno a breve) che hanno confer-

mato la firma spettrale dell'acqua nell'infrarosso. "Oltre alla presenza di acqua all'interno di Cabeus, vi è la presenza di altre sostanze" ha dichiarato Anthony Colaprete Principal Investigator della sonda LCROSS presso l'Ames Research Center della NASA. "La possibilità di contaminazione da parte del razzo Centaur è stata già presa in considerazione e i composti non

CAELUM

STRUMENTI PER L'ASTRONOMIA
CONS. OM. S.n.c. C.SO ROSSELLI 107 - 10129 TORINO
tel/fax 011-500213 - info@caelum.it - www.caelum.it
VISITE SU APPUNTAMENTO

VENDITA PER CORRISPONDENZA - VENDITA RATEALE
LA PIU' VASTA GAMMA DI TELESCOPI DI TUTTO IL PIEMONTE
TRATTIAMO SOLO ASTRONOMIA - RITIRO USATO
VASTISSIMO ASSORTIMENTO DI MATERIALE D'OCCASIONE
GESTITO DA ASTROFILO CON 30 ANNI DI ESPERIENZA NEL SETTORE
www.caelum.it



FSQ 106 ED





RIVENDITA UFFICIALE
TAKAHASHI
Il privilegio della perfezione

DISPONIBILE L'INTERA GAMMA IN PRONTA CONSEGNA
CONTATTATECI PER CONOSCERE LE OFFERTE SPECIALI

TOA 130 N

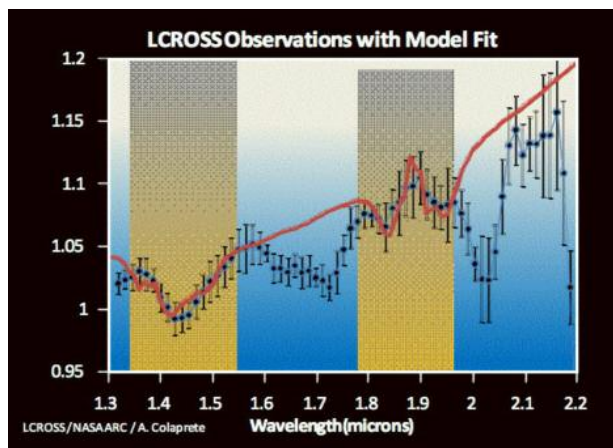




MEWLON 300

identificati sono sicuramente nativi della Luna" ha continuato Colaprete. Attualmente si stanno effettuando ulteriori analisi per comprendere la natura di questi composti e lo stesso Colaprete ricorda che il punto di impatto della LCROSS è una "cold trap", ossia una punto della superficie lunare che è rimasta inesposta ai raggi solari fin dalla sua formazione e, pertanto, questi materiali potrebbero essere i costituenti del sistema solare primordiale, contenenti informazioni sulle prime fasi della sua evoluzione. La quantità di acqua rilevata nel punto d'impatto, se-

condo i calcoli del team di ricerca, sarebbe di 100 kg e sarebbe più alta di quella rilevata da altre missioni in altri luoghi della superficie selenica. Soddisfatto l'intero team di ricerca, che si aspetta ulteriori scoperte.



Nel grafico a fianco è rappresentato lo spettro nel vicino infrarosso rilevato dalla sonda LCROSS dopo l'impatto dello stadio Centaur: la curva rossa è l'andamento del vapore acqueo, mentre i punti con le relative barre d'errore sono le misure dello strumento. Si nota come le curve siano praticamente identiche. [LCROSS/NASA ARC/A. Colaprete]