



E tutto diventa più facile!

3^a edizione

Astronomia

FOR
DUMMIES[®]

Imparate a:

- Osservare il cielo dal balcone di casa
- Identificare stelle e pianeti
- Esplorare il nostro sistema solare, la Via Lattea e oltre
- Capire il Big Bang, i quasar, i buchi neri e l'antimateria

Stephen P. Maran, PhD

HOEPLI



Astronomia

FOR
DUMMIES®

Terza edizione



di Stephen P. Maran, PhD



EDITORE ULRICO HOEPLI MILANO

Wiley, the Wiley Logo, For Dummies, the Dummies Man Logo, The Dummies Way and related trade dress are trademarks or registered trademarks of John Wiley & Sons, Inc. and/or its affiliates in the United States and/or other countries.

Wiley, il logo Wiley, For Dummies, il logo Dummies Man, Il metodo For Dummies e la relativa grafica sono marchi o marchi registrati di John Wiley & Sons, Inc. e/o dei suoi affiliati negli Stati Uniti e/o in altri paesi.

Titolo originale: *Astronomy For Dummies, 3rd Edition*

Copyright © 2013 by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey

All rights reserved, including the right of reproduction in whole or in part in any form.

Per l'edizione italiana

Copyright © Ulrico Hoepli Editore S.p.A. 2013

via Hoepli 5, 20121 Milano (Italy)

tel. +39 02 864871 – fax +39 02 8052886

e-mail hoepli@hoepli.it

Seguici su Twitter: @Hoepli_1870

www.hoepli.it

Tutti i diritti sono riservati a norma di legge e a norma delle convenzioni internazionali

ISBN 978-88-203-5799-3

Traduzione: Davide Calonico

Redazione: Antonio Zoppetti

Impaginazione: Giovanna Marsilio

Realizzazione: Maurizio Vedovati – Servizi editoriali (info@iltrio.it)

Realizzazione digitale: Promedia, Torino

L'autore

Stephen P. Maran, Dottore di Ricerca, 36 anni di carriera nel programma spaziale americano, ha ricevuto la Medaglia della NASA per Risultati Eccezionali. Ha vinto il Klumpke-Roberts Award dell'Astronomical Society del Pacifico per i suoi "eminenti contributi alla comprensione e all'apprezzamento dell'astronomia da parte del pubblico", ha ricevuto il Premio George Van Biesbroeck dell'American Astronomical Society per "la lunga, eccellente e generosa carriera al servizio dell'astronomia" e l'Andrew W. Gemant Award dell'American Institute of Physics per "importanti contributi alla dimensione artistica, culturale e umanistica della fisica". Nel 2000, l'International Astronomical Union gli ha dedicato un asteroide (il Minor Planet 9768) battezzandolo "Stephenmaran".

Maran ha cominciato a praticare l'astronomia dai tetti di Brooklyn e da un campo da golf abbandonato ai confini del Bronx. Si è perfezionato come professionista della ricerca al telescopio al Kitt Peak National Observatory, in Arizona, al National Radio Astronomy Observatory, in West Virginia, al Palomar Observatory, in California, e al Cerro Tololo Inter-American Observatory, in Cile. Ha condotto ricerche con strumenti nello spazio, tra cui l'Hubble Space Telescope e l'International Ultraviolet Explorer. Ha collaborato alla progettazione di due strumenti lanciati nello spazio a bordo di Hubble.

Ha insegnato astronomia all'Università della California a Los Angeles e all'Università del Maryland, a College Park. Addetto stampa di lungo corso dell'American Astronomical Society, ha presieduto molti appuntamenti con i media in cui ha presentato le novità astronomiche al pubblico mondiale. Ha osservato eclissi totali di Sole da ogni parte del mondo: dalla Penisola Gaspé, dal Quebec, dalla Baja California in Messico, dal deserto del Sahara in Libia, dal mare al largo nella New Caledonia, da Singapore, nel Pacifico Orientale, e dalle spiagge degli Stati Uniti.

Ha predicato la buona novella dell'astronomia in tutto il globo, dallo show sulla BBC in cui spiegava le eclissi, fino alla sua conferenza sui buchi neri in un bar di Tahiti. Ha tenuto conferenze perfino sulle crociere dedicate a eclissi e comete delle compagnie Cunard e Sitmar, o a bordo della nave

Sinfonia della MSC Crociere. Ha parlato al pubblico più diverso, dai ragazzini delle scuole dei quartieri poveri di Seattle, alle ragazze Scout di Atherton, California; dalla National Academy of Engineering di Washington, D.C., alla Camera dei Rappresentanti degli Stati Uniti d'America e alla Commissione delle Nazioni Unite sull'Uso Pacifico dello Spazio Extraatmosferico.

Come autore o curatore, ha pubblicato dieci libri su questi temi, tra cui due lavori recenti scritti con Laurence A. Marschall, e ha scritto molti articoli per riviste specializzate o di divulgazione. Inoltre, collabora come autore e come consulente per la National Geographic Society e per le edizioni Time-Life.

Si è diplomato alla Stuyvesant High School di New York City (dove ha anche insegnato per un anno nelle classi di matematica senza riportare gravi ferite) e al Brooklyn College. Si è laureato e ha preso il dottorato in astronomia all'Università del Michigan.

Stephen Maran è sposato con la giornalista Sally Scott Maran con la quale ha avuto tre figli.

Dedica

A Sally, Michael, Enid ed Elissa con tutto il mio amore.

Ringraziamenti dell'autore

Ringrazio innanzitutto la mia famiglia e gli amici che mi hanno sopportato mentre scrivevo il libro.

Grazie al mio agente, Skip Barker, che mi ha pungolato e guidato in questo progetto, a Stacy Collins per aver creduto nel progetto originale, e a Lindsay Lefevre per aver sostenuto questa edizione profondamente rivista.¹

Sono grato a Ron Cowen e al Dr. Seth Shostak per i loro contributi alle edizioni precedenti del libro, a Kathy Cox, Georgette Beatty, Josh Dials e a Jennifer Moore, che lo hanno organizzato e redatto, insieme agli abili colleghi della redazione alla Wiley Publishing che lo hanno reso migliore e più chiaro. Un ringraziamento speciale a Laurence Marschall per i commenti che ne hanno migliorato l'accuratezza.

Grazie anche alle associazioni e agli enti che hanno reso disponibili le foto del libro e a Robert Miller, che ha prodotto le mappe stellari.

Sono grato per gli utili suggerimenti venuti da numerosi esperti per questa nuova edizione, in particolare al Prof. Richard Mushotzky per i buchi neri, al Dr. Marc Kuchner e al Dr. Rory Barnes per gli esopianeti, al Dr. Shostak per le ricerche di vita intelligente extraterrestre.

Alcuni disegni inseriti nel libro sono stati ispirati dalla Dr.ssa Dinah L. Moche e dal suo eccellente libro, anch'esso pubblicato da Wiley. La Dr.ssa Moche si merita molti ringraziamenti non solo per aver sostenuto il libro, ma anche per il suo costante impegno a rendere la scienza astronomica accessibile a tutti.

¹ Si riferisce alla terza edizione dell'opera originale, riveduta e corretta [N.d.R.].

A colpo d'occhio

Introduzione

Parte I: Seguendo il cosmo

Capitolo 1: Veder la luce: l'arte della scienza astronomica

Capitolo 2: Uniamoci alla folla: attività e risorse per osservare il cielo

Capitolo 3: Scrutiamo la notte: strumenti meravigliosi per l'osservazione celeste

Capitolo 4: Solo di passaggio: meteore, comete e satelliti artificiali

Parte II: A spasso per il sistema solare

Capitolo 5: Una coppia ben assortita: la Terra e la Luna

Capitolo 6: I vicini della Terra: Mercurio, Venere e Marte

Capitolo 7: Rocce spaziali: la fascia principale e gli asteroidi Near Earth

Capitolo 8: Grandi palle di gas: Giove e Saturno

Capitolo 9: Mondi lontani: Urano, Nettuno, Plutone e oltre

Parte III: Incontrare il vecchio Sole e altre stelle

Capitolo 10: Il Sole: la stella della Terra

Capitolo 11: Un viaggio tra le stelle

Capitolo 12: Le galassie: la Via Lattea e oltre

Capitolo 13: Un tuffo tra buchi neri e quasar

Parte IV: Riflessioni sulle meraviglie dell'universo

Capitolo 14: C'è qualcuno là fuori? SETI e i pianeti di altri sistemi solari

Capitolo 15: Un tuffo nella materia oscura e nell'antimateria

Capitolo 16: Il Big Bang e l'evoluzione dell'universo

Parte V: I decaloghi

Capitolo 17: Dieci fatti insoliti sull'astronomia e sullo spazio

Capitolo 18: Dieci errori comuni su astronomia e spazio

Parte VI: Appendici

Appendice A: Mappe stellari

Appendice B: Glossario

Indice analitico

Indice

Introduzione

- Questo libro
- Convenzioni utilizzate
- Cosa potete evitare di leggere
- Presupposti banali
- Icone utilizzate
- Da dove partire

Parte I: Seguendo il cosmo

Capitolo 1: Veder la luce: l'arte della scienza astronomica

- Astronomia: la scienza dell'osservazione
- Cosa vedete: il linguaggio della luce
- Cosa osservare? Il Catalogo di Messier e gli altri oggetti celesti
- Gravità: una forza da tenere in conto
- Spazio: il subbuglio in movimento

Capitolo 2: Uniamoci alla folla: attività e risorse per osservare il cielo

- Non siamo soli: associazioni astronomiche, siti Internet, app per smartphone e altro
- Visitare osservatori e planetari
- Una vacanza con le stelle: feste, viaggi per l'eclissi, parchi del cielo e altro ancora

Capitolo 3: Scrutiamo la notte: strumenti meravigliosi per l'osservazione celeste

Guardiamo le stelle: introduzione alla geografia celeste
Cominciamo con le osservazioni a occhio nudo
Vederci meglio con binocolo e telescopio
Come programmare i primi passi nell'astronomia

Capitolo 4: Solo di passaggio: meteore, comete e satelliti artificiali

Le meteore: desideri espressi di fronte a una stella cadente
Satelliti artificiali: una lunga storia di amore e odio

Parte II: A spasso per il sistema solare

Capitolo 5: Una coppia ben assortita: la Terra e la Luna

La Terra sotto il microscopio astronomico
Tempo terrestre, ere e stagioni
Il senso della Luna

Capitolo 6: I vicini della Terra: Mercurio, Venere e Marte

Mercurio: strano, rovente e metallico
Arso, acido e collinoso: state alla larga da Venere
Rosso, freddo e desolato: Marte e i suoi misteri
Le particolarità terrestri riviste dalla planetologia comparata
Come osservare i pianeti terrestri con facilità

Capitolo 7: Rocce spaziali: la fascia principale e gli asteroidi Near Earth

Un rapido giro nella fascia principale degli asteroidi
La minaccia degli oggetti Near Earth
Alla ricerca di minuscoli punti di luce

Capitolo 8: Grandi palle di gas: Giove e Saturno

La pressione è alta: in viaggio all'interno di Giove e Saturno
Una stella mancata: come guardare Giove
Gli occhi su Saturno, la nostra principale attrazione planetaria

Capitolo 9: Mondi lontani: Urano, Nettuno, Plutone e oltre

Rompere il ghiaccio con Urano e Nettuno
Plutone, un pianeta o forse no
Allacciate la cintura fino alla fascia di Kuiper
Uno sguardo ai pianeti esterni

Parte III: Incontrare il vecchio Sole e altre stelle

Capitolo 10: Il Sole: la stella della Terra

Osservare il paesaggio solare
Divertirsi con il Sole: le osservazioni solari

Capitolo 11: Un viaggio tra le stelle

Un ciclo vitale infuocato e massiccio
Partner fedeli: stelle binarie e multiple
Cambiare fa bene: le stelle variabili
I nostri vicini stellari
Come aiutare gli scienziati osservando le stelle
Come aiutare lo studio delle stelle con il proprio intelletto e computer

Capitolo 12: Le galassie: la Via Lattea e oltre

Alla scoperta della Via Lattea
Un debole per le nebulose
Il controllo sulle galassie
Far parte del Galaxy Zoo per la scienza e per divertimento

Capitolo 13: Un tuffo tra buchi neri e quasar

I buchi neri: meglio tenersi a distanza
I quasar: al di là di ogni definizione
I nuclei galattici attivi: benvenuti nella famiglia dei quasar

Parte IV: Riflessioni sulle meraviglie dell'universo

Capitolo 14: C'è qualcuno là fuori? SETI e i pianeti di altri sistemi solari

L'equazione di Drake e SETI

Progetti SETI: in ascolto di E.T.
Alla scoperta di mondi alieni
L'astrobiologia: com'è la vita sugli altri pianeti?

Capitolo 15: Un tuffo nella materia oscura e nell'antimateria

La materia oscura: come comprendere il collante universale
Una ricerca alla cieca: a caccia della materia oscura

Capitolo 16: Il Big Bang e l'evoluzione dell'universo

Le prove del Big Bang
L'inflazione: tempo di crescita nell'universo
L'energia oscura: l'acceleratore universale
La radiazione cosmica di fondo
In una galassia lontana: le candele standard e la costante di Hubble
Il destino dell'universo

Parte V: I decaloghi

Capitolo 17: Dieci fatti insoliti sull'astronomia e sullo spazio

Tra i capelli si possono nascondere dei microscopici meteoriti
La coda di una cometa spesso sta davanti
La Terra è fatta di materia strana e inconsueta
L'alta marea arriva su entrambi i lati della Terra alla stessa ora
Su Venere, la pioggia non raggiunge mai il suolo
Le rocce di Marte sono sparse sulla Terra
Plutone fu scoperto grazie alle previsioni di una teoria sbagliata
Le macchie solari non sono scure
Una stella ben visibile potrebbe anche essere esplosa, ma nessuno può saperlo
Su un vecchio televisore potreste aver visto il Big Bang

Capitolo 18: Dieci errori comuni su astronomia e spazio

La luce di quella stella ha impiegato 1.000 anni luce per raggiungere la Terra
Un meteorite caduto da poco è ancora caldo
L'estate arriva sempre quando la Terra è più vicina al Sole
La faccia posteriore della Luna è scura

La “stella del mattino” è una stella
Se attraversi la fascia di asteroidi, ne sarai circondato
Bombardare un asteroide killer in collisione con la Terra ci salverà
Il Sole è una stella media
Il telescopio Hubble scatta immagini a distanza molto ravvicinata
Il Big Bang è morto

Parte VI: Appendici

Appendice A: Mappe stellari

Appendice B: Glossario

Unità di misura celesti

Indice analitico

Informazioni sul libro

Circa l'autore

Introduzione

L'astronomia è lo studio del cielo, la scienza degli oggetti cosmici e degli eventi celesti. Non è altro che la ricerca sulla natura dell'universo in cui viviamo.

Gli astronomi svolgono il proprio mestiere osservando, ascoltando (i radioastronomi) e usando strumenti come i telescopi amatoriali, gli enormi osservatori e i satelliti in orbita intorno alla Terra, allo spazio prossimo, o intorno agli altri corpi celesti come la Luna o i pianeti. Gli scienziati hanno spedito nel cosmo i telescopi su potenti razzi o su palloni privi di equipaggio; ci sono strumenti che viaggiano nel profondo del sistema solare e per lo spazio remoto sulle sonde, e alcune di esse sono in grado di prelevare campioni che riportano poi sulla Terra.

L'astronomia può essere un'attività professionistica o amatoriale. Nel mondo sono circa 20.000 gli astronomi di professione impegnati con la scienza spaziale, mentre si stimano altri 500.000 amatori sparsi su tutto il pianeta, molti di questi iscritti ad associazioni locali o nazionali dei propri Paesi.

Gli astronomi professionisti svolgono ricerche sul Sole, sul sistema solare, sulla Via Lattea e sull'universo remoto. Insegnano nelle università, progettano satelliti nei laboratori pubblici, mandano avanti i planetari. Scrivono libri come questo (magari non così belli) e la maggior parte ha conseguito un dottorato di ricerca. Molti di loro studiano l'astrusa fisica cosmica oppure lavorano con telescopi automatizzati e controllabili in remoto, e potrebbero anche non conoscere le costellazioni. Gli amatori, al contrario, le conoscono benissimo e condividono proprio questa eccitante passione. Alcuni scrutano il cielo da soli; molti altri si radunano in associazioni astronomiche e in organizzazioni tra le più varie. Le associazioni tramandano conoscenze dalle mani più esperte ai nuovi

membri, mettono in comune telescopi e strumenti, organizzano incontri in cui i soci raccontano le proprie recenti osservazioni, oppure ascoltano lezioni di scienziati in visita e organizzano incontri di osservazione, dove ognuno porta il proprio telescopio (o condivide quello di qualcun altro). Sono incontri che si tengono con regolarità (per esempio il primo sabato notte di ogni mese) oppure in occasione di alcuni eventi speciali (come il ritorno di un'importante tempesta di meteore ogni agosto o la comparsa di una cometa luminosa come Hale Bopp). Infine, mettono da parte i soldi per gli eventi eccezionali, come le eclissi totali di Sole, quando migliaia di amatori e decine di professionisti attraversano il mondo per raggiungere i luoghi in traiettoria con l'eclissi totale e per essere testimoni di uno dei più magnifici spettacoli della natura.

Questo libro

Questo libro spiega tutto ciò che è necessario per lanciarsi nel meraviglioso hobby dell'astronomia, introducendo i principi scientifici che regolano l'universo. In questo modo, anche le più recenti missioni spaziali avranno un senso più chiaro: capirete perché la NASA, l'ESA e le altre istituzioni spediscono le sonde spaziali verso pianeti come Saturno; perché i *rover* spaziali atterrino su Marte; perché gli scienziati siano così desiderosi di procurarsi campioni di polvere della coda di una cometa. Imparerete perché il telescopio spaziale Hubble se ne va a spasso là fuori nello spazio e come tenere d'occhio le altre missioni spaziali. Sarete in grado di capire il quadro complessivo di ogni fenomeno e di apprezzare ogni novità, quando gli astronomi compariranno sui giornali o in televisione per annunciare le ultime scoperte dallo spazio, dai grandi telescopi in Arizona, alle Hawaii, in Cile e California, o dai radiotelescopi del New Mexico, Portorico, Australia e dagli altri osservatori in giro per il mondo. E potrete addirittura spiegarle ai vostri amici.

Leggete solo le parti che vi interessano e nell'ordine che preferite, di volta in volta spiegherò tutto ciò che è necessario. L'astronomia è affascinante e divertente, e proseguendo nella lettura, prima ancora di rendervene conto, vi ritroverete a indicare la posizione di Giove, a cercare le stelle e le costellazioni più famose e a seguire il moto della Stazione Spaziale Internazionale mentre sfreccia sopra le vostre teste. Magari i vicini vi

daranno soprannomi come testa tra le nuvole. O forse un agente di polizia vi domanderà cosa ci facciate di notte nel parco o su un tetto con un binocolo. Ditegli che siete astronomi. Magari non hanno mai sentito una simile giustificazione (e spero che vi credano)!

Convenzioni utilizzate

Per fornirvi una bussola per orientarvi nel libro, oltre che nel cielo, userò le seguenti convenzioni:

- ✓ i termini usati per la prima volta e quelli poco familiari compaiono in *corsivo* e sono accompagnati da una breve definizione;
- ✓ il **grassetto** indica l'azione da intraprendere nelle fasi numerate ed evidenzia le parole chiave negli elenchi;
- ✓ gli indirizzi web sono indicati con un apposito font, in modo da individuarli facilmente.

Cosa potete evitare di leggere

Sentitevi liberi di saltare le parti in box; questi riquadri grigi contengono informazioni interessanti, ma non essenziali, per la comprensione dell'astronomia. Lo stesso vale per i testi affiancati dall'icona "Per i più curiosi".

Presupposti banali

Magari utilizzerete questo libro per scoprire cosa c'è nel cielo o cosa stanno combinando gli scienziati dei progetti spaziali. Oppure avete sentito dire che l'astronomia è un buon hobby e volete verificare se fa per voi. Forse state cercando solo di capire quali strumenti vi occorrono.

Non siete scienziati. Vi state soltanto divertendo a guardare il cielo notturno e siete caduti sotto il suo incantesimo, cercando di cogliere e di capire la vera bellezza dell'universo.

Di sicuro volete osservare le stelle, ma desiderate anche capire cosa state guardando. Probabilmente vi piacerebbe addirittura essere i primi a scoprire qualcosa. In effetti non occorre essere un astronomo professionista per individuare una nuova cometa, e in ogni caso potrete contribuire in qualche modo per esempio alla ricerca di forme di vita extraterrestri.

Qualunque sia il vostro obiettivo, questo libro vi sarà d'aiuto.

Icone utilizzate

Le icone seguenti evidenziano delle informazioni particolarmente utili, anche se talvolta indicano le parti dove c'è un po' da sudare.

Ecco il significato di ogni simbolo:



L'osservazione è cruciale per l'astronomia, e questi consigli aiutano a diventare degli osservatori provetti e a scoprire le tecniche e i trucchi per affinare il vostro modo di osservare.



Quest'omino un po' *rotondo* compare vicino alle parti che potete tranquillamente saltare, se siete interessati solo ai fondamenti e a cominciare le osservazioni. Le basi scientifiche sono utili, ma molte persone si godono il cielo senza sapere granché sulla fisica delle supernove, sulla matematica del moto galattico e sui dettagli della materia oscura.



Questo bersaglio vi darà la giusta dritta quando comincerete a scrutare il cielo o quando farete progressi nel vostro hobby.



In quanti guai potreste cacciarvi mentre guardate le stelle? Non molti, se state attenti. Ma siccome non si può prestare sempre attenzione a tutto, questa bomba vi avviserà che, prestando attenzione, non resterete scottati.

Da dove partire

Potete cominciare da dove volete. Siete preoccupati per il destino dell'universo? Partite dal Big Bang ([Capitolo 16](#), se davvero v'interessa). O forse preferite cominciare a scoprire cosa vi attende se asseconderete la vostra passione per le stelle?

Ovunque partiate, spero continuerete l'esplorazione del cosmo e che proviate la gioia, l'eccitazione, il divertimento e l'incanto che le persone hanno sempre trovato nelle volte celesti.

Parte I Seguendo il cosmo

The 5th Wave

By Rich Tennant

GEORGE NON HA MAI CREDUTO NELLA
POSSIBILITÀ DI VITA EXTRATERRESTRE

©RICH TENNANT



SULLA MAGLIETTA: "IL MIGLIOR PAPÀ DI ANDROMEDA"

In questa parte...

I corpi e gli eventi celesti hanno sempre affascinato l'umanità. Storicamente, il nostro interesse per l'astronomia è stato sia pratico sia romantico. Le persone usavano le stelle per la navigazione e seguivano la Luna per l'agricoltura, come fanno tutt'oggi. Costruivano siti (come Stonehenge) in cui le osservazioni si accompagnavano a riti speciali per seguire il moto del Sole e delle stelle. Le persone continuano tutt'oggi a interrogarsi sulla natura degli oggetti nei cieli.

Potete unirvi a questa lunga tradizione dell'umanità. In questa parte del libro introdurrò la scienza dell'astronomia offrendo le tecniche e i suggerimenti per osservare i pianeti, le comete, le meteore e gli altri corpi visibili nel cielo notturno.

Capitolo 1

Veder la luce: l'arte della scienza astronomica

In questo capitolo

- ▶ Capire la natura osservativa dell'astronomia
 - ▶ Decifrare il linguaggio della luce
 - ▶ Soppesare la gravità
 - ▶ Riconoscere i movimenti degli oggetti nello spazio
-

Uscite all'aperto in una notte limpida e guardate il cielo. Se abitate in città o vivete in un'affollata periferia, vedrete decine o centinaia di stelle luccicanti. A seconda del giorno del mese, potreste vedere la Luna piena e fino a cinque pianeti tra gli altri sette (oltre alla Terra) che ruotano intorno al Sole. Una stella cadente, o *meteora*, potrebbe apparirvi sulla testa. In realtà state vedendo un lampo di luce lasciato da un minuscolo frammento di polvere di cometa che sfreccia nell'alta atmosfera. Un'altra luce, grande quanto una punta di spillo, si muove lenta e calma attraverso il cielo. Sarà un satellite spaziale, come il telescopio spaziale Hubble, o solo un volo di linea d'alta quota? Se avete un binocolo, potreste riuscire a distinguerli. Quasi tutti gli aerei hanno delle luci di segnalazione, ne riconoscereste le forme.

Se invece vivete in campagna o sul litorale, ma lontano da alberghi e dai complessi popolosi, oppure in pianura o in montagna, ma lontano da una qualsiasi pista da sci illuminata a giorno, potreste vedere anche migliaia di stelle. La Via Lattea vi apparirà come una meravigliosa striscia perlacea

attraverso i cieli. State osservando il bagliore di milioni di tenui stelle che si sommano, ma che, singolarmente, sono indistinguibili a occhio nudo.

In un punto di osservazione privilegiato, come il Cerro Tololo sulle Ande cilene, potreste vedere ancora più stelle. Sono come lampadine brillanti in un cielo nero come il carbone, ma a volte non scintillano poi tanto e si presentano simili al quadro di Van Gogh *Notte stellata*.

Guardando il cielo, state praticando l'astronomia: osservate l'universo che vi circonda cercando di dare un senso a ciò che vedete. Per migliaia di anni, tutto quello che l'umanità conosceva sulle volte celesti lo aveva appreso dalla semplice osservazione del cielo.

Ogni cosa o quasi di cui l'astronomia si occupa:

- ✓ si guarda da lontano;
- ✓ si scopre studiando la luce che arriva dagli oggetti nello spazio;
- ✓ si muove nello spazio sotto l'influsso della gravità;

Questo capitolo vi introdurrà a questi concetti (e ad altro ancora).

Astronomia: la scienza dell'osservazione

L'astronomia è lo studio del cielo, è la scienza dei corpi cosmici e degli avvenimenti celesti, della natura dell'universo in cui viviamo. Gli astronomi professionisti lavorano osservando con telescopi che catturano la luce visibile delle stelle, oppure si sintonizzano sulle onde radio che arrivano dallo spazio. Usano sia i telescopi amatoriali sia i sofisticati strumenti da osservatorio, oppure i satelliti che orbitano intorno alla Terra e che raccolgono forme di luce (come la radiazione ultravioletta) che non arrivano al suolo perché sono filtrate dall'atmosfera. Inviano nello spazio dei telescopi che viaggiano su razzi fragorosi (attrezzati con strumenti per le osservazioni scientifiche ad altissima quota) e su palloni senza equipaggio. Addirittura spediscono in giro per il sistema solare degli strumenti a bordo di sonde che viaggiano per lo spazio profondo.

Gli astronomi professionisti studiano il Sole, il sistema solare, la Via Lattea e l'universo che c'è oltre. Insegnano nelle università, progettano satelliti nei laboratori pubblici e del governo, mandano avanti i planetari. Scrivono anche libri (come il sottoscritto, il vostro irreprensibile eroe "For Dummies"). Molti di loro hanno speso anni di studi per ottenere un dottorato. Tanti padroneggiano una fisica molto complessa oppure lavorano con telescopi automatizzati e robotici capaci di andare ben al di là del cielo che è alla portata dei nostri occhi. Può essere che non conoscano nemmeno le costellazioni (i gruppi di stelle come l'Orsa Maggiore, secondo il nome degli osservatori antichi), che invece gli astronomi amatoriali e gli hobbisti esplorano come prima cosa, quando si avvicinano a questa disciplina.

Probabilmente avrete già familiarizzato con il Grande Carro, l'asterismo dell'Orsa Maggiore.

Un *asterismo* è un insieme di stelle con una particolare configurazione geometrica che forma una figura dotata di un proprio nome, ma che non appartiene all'insieme delle 88 costellazioni riconosciute. Può appartenere completamente a una costellazione, oppure includere stelle di più costellazioni. Per esempio, le quattro stelle angolari del Quadrato di Pegaso, sono un grande asterismo composto da tre stelle della costellazione di Pegaso e da una di Andromeda. La [Figura 1.1](#) mostra il Grande Carro nel cielo notturno (nel Regno Unito, alcuni lo chiamano anche Aratro).

Figura 1.1 Il Grande Carro dell'Orsa Maggiore è un esempio di asterismo.



Oltre ai 30.000 astronomi professionisti sparsi nel mondo, molte centinaia di migliaia di amatori si divertono a guardare i cieli. Gli astronomi amatoriali, in genere, conoscono le costellazioni e le usano come punti di riferimento nella loro esplorazione a vista del cielo, con binocoli o con telescopi. Molti di loro hanno dato contributi scientifici anche significativi. Seguono i cambiamenti di luminosità delle stelle variabili, scoprono asteroidi, comete e stelle che esplodono, girano la Terra in lungo e in largo per cogliere le ombre proiettate dagli asteroidi che passano davanti alle stelle luminose (e così facendo aiutano gli astronomi a mappare la forma degli asteroidi). Arrivano persino a unirsi agli sforzi della ricerca professionista con i propri computer e smartphone tramite i progetti di Citizen Science che descriverò nel [Capitolo 2](#) e in altre parti del libro.

Nel seguito della [Parte I](#) vi spiegherò come osservare i cieli in maniera efficace e divertente.

Cosa vedete: il linguaggio della luce

La luce dà informazioni sui pianeti, sulle lune e sulle comete del sistema solare, sulle stelle, sugli ammassi stellari, sulle nebulose della nostra galassia e su oggetti ancora più lontani.

Nell'antichità, la gente non si occupava della fisica e della chimica delle stelle. Erano tutti concentrati nel tramandarsi leggende e miti: l'Orsa Maggiore, Algol, la Stella del Demonio, il volto umano sulla Luna, il drago che mangia il Sole durante un'eclissi e molte altre. I racconti cambiano da una cultura all'altra, ma tutti, tra le stelle, hanno individuato delle figure. In Polinesia, gli abili navigatori remavano per centinaia di chilometri in mare aperto senza avere terre emerse a vista o una bussola. Navigavano semplicemente con le stelle, il Sole e la loro conoscenza delle correnti e dei venti dominanti.



Guardando le luci delle stelle, gli antichi ne annotarono la luminosità, la posizione nel cielo e il colore. Queste

informazioni aiutano a distinguere un corpo celeste da un altro, e gli antichi (ma anche noi al giorno d'oggi) impararono a riconoscerli come vecchi amici. I fondamentali per riconoscere e descrivere cosa si vede nel cielo sono:

- ✓ distinguere le stelle dai pianeti;
- ✓ identificare per nome le costellazioni, le singole stelle e gli altri corpi celesti;
- ✓ osservare la luminosità (espressa in magnitudine);
- ✓ capire il concetto di anno luce;
- ✓ mappare il cielo (usando grandezze speciali come l'AR e la Dec).

Meraviglie a passeggio: distinguere pianeti e stelle

Il termine *pianeta* viene dal greco antico *planetes*, che significa *vagante*. I Greci (e altri popoli antichi) avevano identificato cinque punti luminosi che si muovevano nel firmamento delle stelle. Alcuni si muovevano sempre avanti, altri ogni tanto si giravano tornando sui propri passi. Nessuno sapeva il motivo. Inoltre, quei puntini non scintillavano come le altre stelle e nessuno capiva neanche questo. Ogni cultura ha dato un nome diverso a questi cinque punti luminosi che oggi chiamiamo pianeti. In italiano i loro nomi sono Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno. Questi corpi celesti non vagano tra le stelle, ma orbitano intorno al Sole, la stella centrale del nostro sistema solare.



Oggi gli astronomi sanno che i pianeti possono essere più piccoli o più grandi della Terra, ma che tutti sono molto più piccoli del Sole. I pianeti del sistema solare sono così vicini alla Terra che ciascuno ha un disco visibile, almeno usando un telescopio, da cui se ne possono dedurre forma e dimensioni. Le stelle sono

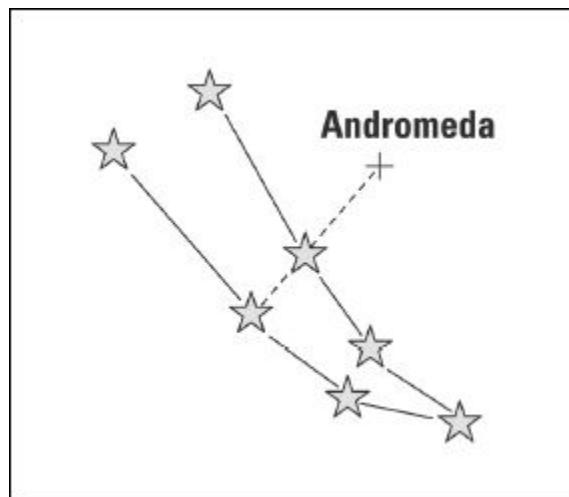
invece così lontane dalla Terra da apparire soltanto come punti di luce anche usando un telescopio potente (per approfondire sui pianeti del sistema solare, saltate alla [Parte II](#)).

Se vedete l'Orsa Maggiore, preoccupatevi: un nome per le stelle e le costellazioni

Di fronte al pubblico con il collo allungato per guardar le stelle nei planetari, di solito spiego: “Se lassù non scorgete un'enorme Orsa Maggiore, non preoccupatevi: anzi, forse è chi la vede che dovrebbe preoccuparsi!”

Gli astronomi antichi hanno messo ordine nel cielo inventandosi diverse figure immaginarie: l'Orsa Maggiore (in latino *Ursa Major*), il Cigno (*Cygnus*), Andromeda, la principessa incatenata, o Perseo, l'eroe. Ogni insieme di stelle veniva così identificato con una di queste figure. Ma è evidente che, osservando la costellazione di Andromeda, non assomiglia poi molto a una principessa incatenata. Non assomiglia a un bel niente, a dire il vero (si veda [Figura 1.2](#)).

Figura 1.2 Andromeda, nota anche come la *principessa incatenata*.



Gli astronomi moderni suddividono il cielo in 88 costellazioni che contengono tutte le stelle visibili. L'Unione Astronomica Internazionale, nel

disciplinare questa scienza, ha stabilito quali sono i limiti di ogni costellazione, in modo che tra gli astronomi ci sia un accordo per stabilire che una certa stella appartenga a una certa costellazione. Prima di questa convenzione, le mappe stellari disegnate da astronomi diversi erano spesso in disaccordo tra loro. Oggi, invece, leggendo che la Nebulosa della Tarantola è in Dorado (vedi [Capitolo 12](#)), sapete che per vederla occorre cercare la costellazione del Dorado, il Pesce Rosso, nell'Emisfero Meridionale.

Così, la costellazione più grande è Hydra, Idra o Serpente Marino, mentre la più piccola è Crux, nota come la Croce del Sud o semplicemente la Croce. Esiste anche una Croce del Nord, a dire il vero, ma non si trova nella lista delle costellazioni perché si tratta di un *asterismo* (termine che abbiamo già definito) della costellazione del Cigno. Anche se gli astronomi hanno ormai raggiunto un accordo unanime sui nomi delle costellazioni, non esiste un pensiero unico sul loro significato. Alcuni astronomi, per esempio, chiamano il Pesce Spada: Dorado, un nome che personalmente non mi piace: preferisco lasciargli la punta.

La costellazione del Serpente (Serpens) è divisa in due parti non collegate che si trovano ai due lati di Ophiuchus, Ofiuco, il Serpentario, e si chiamano Serpens Caput (la Testa del Serpente) e Serpens Cauda (la Coda del Serpente). Ma bisogna precisare che le singole stelle delle costellazioni spesso non hanno nessun legame tra loro, a parte l'essere attigue nel cielo dal punto di vista che abbiamo noi che le osserviamo dalla Terra. Nello spazio, invece, le stelle che compongono una costellazione possono essere completamente slegate tra loro, e alcune trovarsi molto vicine alla Terra, mentre altre a una notevole distanza. Ma viste dal nostro pianeta sembrano comporre una figura sullo stesso piano frutto della fantasia di chi le osserva.

Per convenzione, alle stelle più brillanti di una costellazione si assegna una lettera greca. Questa regola valeva sia per gli antichi Greci sia per gli astronomi delle civiltà successive. Così, per ogni costellazione, la stella più luminosa in assoluto si indica con *Alfa* (α), la prima lettera dell'alfabeto greco. La stella successiva per luminosità si indica con *Beta* (β), la seconda lettera greca, e così via fino a *Omega* (ω), l'ultima delle 24 lettere dell'alfabeto greco (gli astronomi usano solo le lettere minuscole).

Perciò, Sirio, la stella più luminosa del cielo notturno che si trova nel Canis Major, il Cane Maggiore, è indicata come Alfa Canis Majoris (gli astronomi aggiungono un suffisso qui e là per indicare i nomi delle stelle, usando il caso genitivo del latino: gli scienziati adorano il latino). La [Tabella 1.1](#) mostra l'alfabeto greco con i nomi delle lettere e i simboli corrispondenti.

Lettera	Nome
α	Alfa
β	Beta
γ	Gamma
δ	Delta
ϵ	Epsilon
ζ	Zeta
η	Eta
θ	Theta
ι	Iota
κ	Kappa
λ	Lambda
μ	Mu
ν	Nu
ξ	Xi
\omicron	Omicron
π	Pi
ρ	Rho
σ	Sigma
τ	Tau
υ	Upsilon
ϕ	Phi
χ	Chi
ψ	Psi



Guardando un atlante stellare, scoprirete che le singole stelle di una costellazione non sono indicate come α Canis Majoris, β Canis Majoris e via dicendo. Di solito, l'atlante indica l'area di tutta la costellazione come Canis Major e le singole stelle con α , β e così via. Leggendo una stella in un elenco di oggetti da osservare, per esempio in una rivista astronomica (vedi [Capitolo 2](#)), probabilmente non vedrete neanche lì lo stile Alfa Canis Majoris oppure α Canis Majoris. Per risparmiare spazio, la rivista userà α CMa, dove CMa è l'acronimo di Canis Majoris (ma anche di Canis Major). Riporto le abbreviazioni usate per tutte le costellazioni in [Tabella 1.2](#).

Gli astronomi non attribuiscono a ogni stella del Canis Major un nome specifico, come nel caso di Sirio, e indicano le altre stelle con le lettere greche o altri simboli. In alcune costellazioni non c'è nemmeno una stella che possieda un suo nome specifico (non fatevi abbindolare dagli annunci che millantano di poter battezzare una stella a pagamento: l'Unione Astronomica Internazionale non riconosce questi nomi acquistati).

Per dare un nome alle stelle di una costellazione, gli astronomi usano le lettere dell'alfabeto greco, ma quando ce ne sono più di 24, per le stelle rimanenti ricorrono ai numeri arabi, alle lettere dell'alfabeto romano o ai numeri dei cataloghi professionali. Così, potrete incontrare nomi come 61 Cygni, b Vulpeculae, HR 1516 e altri. Potrete addirittura imbattervi nella RU Lupi e nella YY Sex (non sto scherzando). Ma anche queste, come tutte le stelle, sono riconoscibili per la loro posizione nel cielo (come *tabulata* negli elenchi stellari), per la loro luminosità, colore e per le altre proprietà, anche se non possiedono nomi particolari. E oggi, osservando le costellazioni, si potranno incontrare numerose eccezioni alla regola per cui l'ordine alfabetico delle lettere greche corrisponderebbe all'ordine relativo della luminosità della stella nella costellazione. Queste eccezioni si verificano perché:

- ✓ i nomi con le lettere erano basati su osservazioni imprecise fatte a occhio nudo;
- ✓ nel corso degli anni, gli autori degli atlanti stellari hanno modificato i confini delle costellazioni, spostando alcune stelle da una costellazione a un'altra che possedeva stelle già nominate in precedenza;
- ✓ alcuni astronomi hanno mappato costellazioni piccole o appartenenti all'Emisfero Meridionale in periodi successivi a quello greco, e non sempre hanno seguito la regola delle lettere;
- ✓ la luminosità di certe stelle è cambiata nel corso dei secoli, rispetto alla mappatura degli antichi Greci.

Un buon esempio è quello della costellazione Vulpecula, la Volpe, dove c'è una sola stella (α Vulpeculae) indicata attraverso una lettera greca. E visto che non sempre alfa è la stella più brillante di una costellazione, gli astronomi hanno bisogno di un altro termine per descrivere questa proprietà fondamentale: *lucida*, dalla parola latina *lucidus* che significa *luminoso* o *scintillante*. Perciò, la lucida del Canis Major è Sirio, la stella alfa, ma la lucida di Orione, il Cacciatore, è Rigel, che è invece Beta Orionis. La lucida di Leo Minor, il Leone Minore (una costellazione decisamente poco appariscente), è 46 Leo Minoris.

La [Tabella 1.2](#) elenca le 88 costellazioni, e di ognuna indica la stella più luminosa e la sua magnitudine. La magnitudine è una misura della luminosità stellare (ne parlerò più avanti in questo capitolo nel paragrafo: “Più è piccola, più è luminosa: alle radici della magnitudine”). Quando la lucida di una costellazione è la stella alfa e ha un nome, indico solo il nome. Per esempio, in Auriga, o Cocchiere, la stella più luminosa, Alfa Aurigae, è Capella. Invece, quando la lucida non è un'alfa, ne do tra parentesi la lettera greca oppure ogni altra designazione. Per esempio, la lucida del Cancer, il Cancro, è Al Tarf, che è la Beta Cancri.

Tabella 1.2 Le costellazioni e le loro stelle più luminose

<i>Nome latino</i>	<i>Nome italiano</i>	<i>Abbreviazione</i>	<i>Stella principale</i>	<i>Magnitudine</i>
Andromeda	Andromeda	And	Alpheratz	2,1
Antlia	Macchina Pneumatica	Ant	α Antliae	4,3
Apus	Uccello del Paradiso	Aps	α Apodis	3,8
Aquarius	Acquario	Aqr	Sadalsud	3,0
Aquila	Aquila	Aql	Altair	0,8
Ara	Altare	Ara	β Arae	2,9
Aries	Ariete	Ari	Hamal	2,0
Auriga	Auriga	Aur	Capella	0,1
Bootes	Boote	Boo	Arcturus	-0,04
Caelum	Bulino	Cae	α Caeli	4,5
Camelopardalis	Giraffa	Cam	β Camelopardalis	4,0
Cancer	Cancro	Cnc	Tarf	3,5
Canes Venatici	Cani da Caccia	CVn	Cor Caroli	2,8
Canis Major	Cane Maggiore	CMa	Sirius	-1,5
Canis Minor	Cane Minore	CMi	Procyon	0,4
Capricornus	Capricorno	Cap	Deneb Algiedi	2,9
Carina	Carena	Car	Canopus	-0,7

Cassiopeia	Cassiopea	Cas	Shedir	2,2
Centaurus	Centaurò	Cen	Rigel Kentaurus	-0,3
Cepheus	Cefeo	Cep	Alderamin	2,4
Cetus	Balena	Cet	Deneb Kaitos	2,0
Chamaeleon	Camaleonte	Cha	α Chamaeleontis	4,1
Circinus	Compasso	Cir	α Circini	3,2
Columba	Colomba	Col	Phact	2,6
Coma Berenices	Chioma di Berenice	Com	β Comae Berenices	4,3
Corona Australis	Corona Australe	CrA	Alphekka Meridiana	4,1
Corona Borealis	Corona Boreale	CrB	Alphekka	2,2
Corvus	Corvo	Crv	Gienah	2,6
Crater	Cratere	Crt	Labrum	3,6
Crux	Croce del Sud	Cru	Acrux	0,7
Cygnus	Cigno	Cyg	Deneb	1,3
Delphinus	Delfino	Del	Rotanev	3,6
Dorado	Dorado	Dor	α Doradus	3,3
Draco	Dragone	Dra	Etamin	3,7
Equuleus	Cavallino	Equ	Kitalpha	3,9
Eridanus	Eridano	Eri	Achernar	0,5
Fornax	Fornace	For	Fornacis	3,9
Gemini	Gemelli	Gem	Pollux	1,1
Grus	Gru	Gru	Alnair	1,7
Hercules	Ercole	Her	Kornephoros	2,6
Horologium	Orologio	Hor	α Horologii	3,9
Hydra	Idra	Hya	Alphard	2,0
Hydrus	Idro	Hyi	β Hydri	2,8
Indus	Indiano	Ind	The Persian	3,1
Lacerta	Lucertola	Lac	α Lacertae	3,8
Leo	Leone	Leo	Regulus	1,4

Leo Minor	Leone Minore	LMi	Praecipua	3,8
Lepus	Lepre	Lep	Arneb	2,6
Libra	Bilancia	Lib	Zubeneshamali	2,6
Lupus	Lupo	Lup	Men	2,3
Lynx	Lince	Lyn	Elvashak	3,1
Lyra	Lira	Lyr	Vega	0,0
Mensa	Mensa	Men	α Mensae	5,1
Microscopium	Microscopio	Mic	γ Microscopii	4,7
Monoceros	Unicorno	Mon	β Monocerotis	3,7
Musca	Mosca	Mus	α Muscae	2,7
Norma	Regolo	Nor	γ Normae	4,0
Octans	Ottante	Oct	N Octantis	3,8
Ophiuchus	Ofiuco	Oph	Rasalhague	2,1
Orion	Orione	Ori	Rigel	0,1
Pavo	Pavone	Pav	Peacock	1,9
Pegasus	Pegaso	Peg	Enif	2,4
Perseus	Perseo	Per	Mirphak	1,8
Phoenix	Fenice	Phe	Ankaa	2,4
Pictor	Pittore	Pic	α Pictoris	3,2
Pisces	Pesci	Psc	Alpherg	3,6
Piscis Austrinus	Pesce Australe	PsA	Fomalhaut	1,2
Puppis	Poppa	Pup	Naos	2,3
Pyxis	Bussola	Pyx	α Pyxidis	3,7
Reticulum	Reticolo	Ret	α Reticuli	3,4
Sagitta	Freccia	Sge	γ Sagittae	3,5
Sagittarius	Sagittario	Sgr	Kaus Australis	1,9
Scorpius	Scorpione	Sco	Antares	1,0
Sculptor	Scultore	Scl	α Sculptoris	4,3
Scutum	Scudo	Sct	α Scuti	3,9
Serpens	Serpente	Ser	Unukalhai	2,7
Sextans	Sestante	Sex	α Sextantis	4,5
Taurus	Toro	Tau	Aldebaran	0,9
Telescopium	Telescopio	Tel	α Telescopii	3,5

Triangulum	Triangolo	Tri	β Trianguli	3,0
Triangulum Australis	Triangolo Australe	TrA	Atria	1,9
Tucana	Tucano	Tuc	α Tucanae	2,9
Ursa Major	Orsa Maggiore	UMa	Alioth	1,8
Ursa Minor	Orsa Minore	UMi	Polaris	2,0
Vela	Vela	Vel	Regor	1,8
Virgo	Vergine	Vir	Spica	1,0
Volans	Pesce Volante	Vol	β Volantis	3,6
Vulpecula	Volpetta	Vul	Anser	4,4

Certo, l'identificazione di una stella sarebbe molto più facile se al telescopio si potessero vedere dei cartellini con il nome di ognuna, ma se non altro non esistono stelle che non siano classificate negli elenchi, come capita invece con le stelle di Hollywood. Se avete uno smartphone, potete avvalervi di un'app in grado di identificare le stelle al posto vostro. Scaricate un'app con la mappa del cielo o un planetario (come Sky Safari, Star Walk, o Google Sky Map) e rivolgete il telefono verso il cielo. L'app genera una mappa delle costellazioni presenti nella direzione in cui avete rivolto il telefono. Con alcune applicazioni, toccando l'immagine della stella ne compare il nome (descriverò diverse applicazioni per l'astronomia nel [Capitolo 2](#); per un quadro completo sulle stelle, passate invece al [Capitolo 11](#)).

Cosa osservare? Il Catalogo di Messier e gli altri oggetti celesti

Dare un nome alle stelle è stato piuttosto facile per gli astronomi. Ma come fare con tutti gli altri oggetti celesti come le galassie, le nebulose, gli ammassi stellari e simili (di cui mi occupo nella [Parte III](#))? L'astronomo francese Charles Messier (1730-1817) creò un elenco di un centinaio di corpi del cielo insoliti, noto come Catalogo di Messier: da adesso in poi saprete che quando sentite chiamare la Galassia di Andromeda con il suo nome scientifico, M31, ci si riferisce al numero 31 del suo Catalogo. A oggi, il Catalogo canonico di Messier è composto da 110 oggetti.



Sul Web potete trovare le foto e una lista completa dei corpi di Messier, per esempio su www.seds.org/messier, il Catalogo di Messier riportato dagli Studenti per l'Esplorazione e lo Sviluppo dello Spazio (Students for the Exploration and Development of Space, SEDS). Oppure su www.astroleague.org/al/obsclubs/messier/mess.html potrete guadagnarvi un attestato di conoscenza dei corpi di Messier dal Club Messier della Lega Astronomica.

Gli astronomi amatoriali con una certa esperienza spesso si cimentano nelle *Maratone di Messier*, durante le quali ognuno cerca di osservare ogni oggetto del Catalogo in una sola lunga notte. Ma durante una maratona non avrete certo il tempo di godervi la bellezza di una nebulosa, di un gruppo stellare o di una galassia. Il mio consiglio è di prendervela comoda e di assaporare una per una le loro meraviglie. Un ottimo libro sugli oggetti di Messier, che include consigli su come osservare ciascun oggetto, è *Deep-Sky Companions: The Messier Objects* di Stephen J. O'Meara (Cambridge University Press, 2000).

Dai tempi di Messier, gli astronomi hanno confermato l'esistenza di altre migliaia di *oggetti dello spazio profondo*, espressione che gli amatori usano per indicare gli ammassi stellari, le nebulose e le galassie e per distinguerli dalle stelle e dai pianeti. Dal momento che Messier non li elenca, gli astronomi si riferiscono a tali oggetti con i codici indicati in altri cataloghi. Nelle guide all'osservazione, o nelle mappe stellari, li troverete elencati con i loro codici NGC (*New General Catalogue*, il Nuovo Catalogo Generale) e IC (*Index Catalogue*, Catalogo Indice). Per esempio, il luminoso ammasso doppio in Perseo è composto da NGC 869 e da NGC 884.



Familiarizzate con alcuni degli oggetti di Messier. Cimentatevi con gli oggetti di Caldwell armati di telescopio e delle vostre abilità nell'osservazione. Consultate il Caldwell Program Object

List, pubblicato su Web dalla Astronomical League sul sito: www.astroleague.org/al/obsclubs/caldwell/cldwlist.html. Troverete le nozioni di base su 109 ammassi stellari, nebulose e galassie selezionati per il piacere dell'osservazione dall'astronomo britannico Sir Patrick Moore. Se siete alle prese con questo elenco, è utile consultare anche il libro di Martin Mobberley *The Caldwell Objects and How to Observe Them* (Springer, 2009).

Più è piccola più è luminosa: alle radici della magnitudine

Una mappa stellare, un disegno di una costellazione o un elenco di stelle riportano sempre la magnitudine di ogni stella. La *magnitudine* rappresenta la luminosità della stella. Nella Grecia antica, Ipparco (Hipparchos) divise tutte le stelle che poteva vedere in sei categorie. Chiamò le più brillanti stelle di magnitudine 1 o di prima magnitudine. Il gruppo successivo per luminosità era composto dalle stelle di seconda magnitudine e così via fino alle meno luminose, le stelle di sesta magnitudine. C'è da notare come, contrariamente alle scale e alle unità di misura più comuni, più una stella è luminosa e più la magnitudine è piccola. Ma i Greci non erano perfetti e anche Ipparco aveva il suo tallone d'Achille: non lasciò un posto per le stelle ancora più luminose, che ai nostri giorni possiamo misurare con maggior accuratezza. Così, oggi riconosciamo l'esistenza di una magnitudine zero e anche di una magnitudine negativa. Sirio, per esempio, ha magnitudine -1,5. Il pianeta più luminoso, Venere, ha talvolta magnitudine -4 (il valore esatto cambia a seconda della distanza di Venere dalla Terra e della sua posizione rispetto al Sole).

Altra omissione: Ipparco non aveva pensato a una classe di magnitudine per le stelle troppo fioche per essere visibili a occhio nudo. Non era certo una svista, perché nessuno era a conoscenza di queste stelle prima dell'invenzione del telescopio. Oggi, invece, gli astronomi sanno che esistono miliardi di stelle fuori dalla portata dell'occhio umano. La loro magnitudine ha valori ancora più alti: 7 o 8 per le stelle facilmente visibili con un binocolo, 10 o 11 per le stelle riconoscibili con un buon, piccolo

telescopio. La magnitudine arriva fino a 21 per gli oggetti più fiochi che conosciamo, osservati grazie al telescopio spaziale Hubble.

Uno sguardo al passato degli anni luce

Le distanze delle stelle e degli altri oggetti che si trovano oltre i pianeti del sistema solare si misurano in *anni luce*. In termini di lunghezza effettiva, un anno luce è pari a circa 9,5 migliaia di miliardi di chilometri.

La gente a volte confonde l'anno luce con una misura di tempo, per via della parola *anno*; tuttavia, un anno luce è proprio una misura di lunghezza: la distanza che la luce attraversa in un anno sfrecciando a circa 300.000 chilometri al secondo.

Guardando un corpo celeste, lo vedete come appariva quando la luce lo ha lasciato.

Prendiamo due esempi:

- ✓ quando gli astronomi osservano un'esplosione sul Sole, non la vedono in tempo reale; la luce dell'esplosione impiega circa 8 minuti per raggiungere la Terra;



Un po' di numeri: la matematica della luminosità

Le stelle di prima magnitudine sono circa 100 volte più luminose di quelle di sesta. In particolare, le stelle di magnitudine 1 sono 2,512 volte più luminose di quelle di magnitudine 2 che a loro volta sono 2,512 volte più brillanti di quelle di magnitudine 3 e così via (alla sesta magnitudine si arriva ai numeri grossi, la prima magnitudine è 100 volte più luminosa). I matematici che ci leggono avranno riconosciuto che ci troviamo davanti a una progressione geometrica. Ogni magnitudine è la

radice quinta di 100 (significa che se moltiplicate un numero per se stesso per quattro volte, per esempio $2,512 \times 2,512 \times 2,512 \times 2,512 \times 2,512$, il risultato è 100). Se non ci credete e fate il calcolo per conto vostro, troverete un numero leggermente diverso perché ho approssimato qualche decimale.

Così, possiamo calcolare quanto è fioca una stella rispetto a un'altra usando la sua magnitudine. Se due stelle sono divise da 5 magnitudini, come per esempio una stella di magnitudine 1 e un'altra di magnitudine 6, allora la loro luminosità è diversa per un fattore $2,512^5$ (2,512 alla quinta potenza), che una buona calcolatrice tascabile vi dimostra essere circa pari a 100. Se due stelle distano 6 magnitudini, una è 250 volte più brillante dell'altra. Volendo confrontare una stella di prima magnitudine con una di magnitudine 11, calcolerete un fattore $2,512^{10}$, cioè 100^2 ovvero 10.000.

Gli oggetti più fiochi visibili con il telescopio spaziale Hubble sono circa 25 magnitudini meno luminosi della stella più debole che potete vedere a occhio nudo (assumendo una vista normale e capacità osservative comuni; ma alcuni esperti e un certo numero di ciarlatani affermano di essere in grado di vedere stelle di magnitudine 7). Tornando alle nostre stelle fioche, 25 magnitudini sono cinque volte 5 magnitudini, che corrisponde a una differenza in luminosità di un fattore 100^5 . Così Hubble è in grado di vedere $100 \times 100 \times 100 \times 100 \times 100$, cioè 10 miliardi di volte meglio dell'occhio umano.

Gli astronomi non si aspettano nulla di meno da un telescopio da un miliardo di euro. Sempre meglio che 10 miliardi di euro, ma potete comprarvi un buon telescopio per meno di 1.000 euro e ammirare le foto migliori del telescopio miliardario Hubble sul sito www.hubblesite.org.

- ✓ la stella più vicina al Sole, Proxima Centauri, dista circa 4 anni luce. Gli astronomi non vedono Proxima così com'è oggi, ma solo come era quattro anni fa,

- ✓ guardate la Galassia di Andromeda, l'oggetto più distante visibile a occhio nudo in una notte scura e nitida di autunno. La luce che vedete ha lasciato la galassia 2,6 milioni di anni fa. Se domani si verificasse un grande mutamento su Andromeda, non lo sapremmo per più di 2 milioni di anni (andate al [Capitolo 12](#) per alcuni consigli sull'osservazione della Galassia di Andromeda e di altre galassie di rilievo).



Bau? No, no! Ho detto AU

La Terra dista circa 150 milioni di chilometri dal Sole, cioè un'unità astronomica (simbolo ufficiale: UA secondo il Sistema Internazionale delle Unità e lo standard ISO/IEC; l'Unione Astronomica Internazionale raccomanda invece AU, più comune nei paesi anglofoni). Le distanze all'interno del sistema solare si esprimono di solito in AU. Il plurale è sempre AU.

Negli annunci pubblici, nelle dichiarazioni stampa e nei libri divulgativi, gli astronomi si riferiscono a stelle e galassie per quanto distano dalla Terra; tra loro e sui giornali specializzati, invece, danno sempre le distanze dal Sole, il centro del nostro sistema solare. Questa differenza raramente ha un peso, dal momento che gli astronomi non riescono a misurare le distanze stellari con un'incertezza minore di 1 AU.

In conclusione:

- ✓ guardando verso lo spazio state guardando indietro nel tempo;
- ✓ gli astronomi non hanno modo di sapere esattamente come appaia al presente un oggetto lontano nello spazio.

Mentre guardate una stella grande e luminosa in qualche galassia lontana, dovete contemplare la possibilità che quella stella particolare non esista più. Alcune stelle massive vivono soltanto per 10 o 20 milioni di anni. Se le avvistate in una galassia che dista 50 milioni di anni luce, state vedendo *un'anatra zoppa* dei cieli. Non splendono più in quella galassia: sono morte.

Se gli astronomi mandassero un segnale di luce verso una delle galassie più lontane tra quelle trovate da Hubble o da un altro dei più grandi telescopi, la luce impiegherebbe miliardi di anni per arrivare. E poiché gli astronomi hanno stimato che in soli 5 o 6 miliardi di anni il Sole si espanderà enormemente spazzando via ogni forma di vita sulla Terra, quella luce sarà solo un'inutile testimonianza dell'esistenza della nostra civiltà, un lampo nel calderone celeste.

Mai fermi: calcolare le posizioni delle stelle

Gli astronomi di solito usano l'espressione *stelle fisse* per distinguerle dai pianeti erranti. Tuttavia, anche le stelle sono in costante movimento, sia reale sia apparente. Il cielo intero sopra le nostre teste ruota, perché la Terra gira. Le stelle sorgono e tramontano, proprio come il Sole e la Luna, ma mantengono le loro formazioni di appartenenza. Le stelle dell'Orsa Maggiore non scivolano sopra quelle del Cane Minore o su quelle dell'Acquario, ma costellazioni diverse sorgono in ore o date differenti, quando le guardiamo da luoghi diversi sul globo.

In realtà, le stelle dell'Ursa Major (ma anche quelle di tutte le altre costellazioni) si muovono l'una rispetto all'altra a velocità mozzafiato, nell'ordine delle centinaia di chilometri al secondo. Ma quelle stelle sono così lontane che agli scienziati occorrono delle misure assai precise su scale di tempo notevoli per rilevare questo moto nel cielo. Così, tra 20.000 anni, le stelle dell'Ursa Major formeranno una figura diversa nel cielo (magari finalmente somiglierà davvero a un grosso orso). Nel frattempo, gli astronomi hanno misurato la posizione di milioni di stelle, molte delle quali ora sono tabulate nei cataloghi e segnate sulle mappe stellari. Le posizioni sono riportate per ascensione retta e declinazione, due grandezze note a tutti

gli astronomi, sia agli amatori sia ai professionisti, con le abbreviazioni *RA* e *Dec*:

- ✓ la RA è la posizione di una stella nella direzione est-ovest nel cielo (come la longitudine, che è la posizione di un luogo sulla Terra misurata a est o a ovest rispetto al primo meridiano di Greenwich in Gran Bretagna);
- ✓ la Dec è la posizione di una stella misurata nella direzione nord-sud, come la latitudine di una città, misurata a nord o a sud dell'equatore.

In genere gli astronomi tabulano la Ra in unità di ore, minuti e secondi, come il tempo. La Dec è invece indicata in gradi, minuti e secondi d'arco. Novanta gradi formano un angolo retto, 60 minuti d'arco fanno un grado e 60 secondi d'arco sono uguali a un minuto d'arco. Un minuto d'arco o un secondo d'arco spesso sono anche detti rispettivamente *arco minuto* o *arco secondo*.



Poche, semplici regole vi aiuteranno a ricordare il funzionamento di RA e Dec e a leggere una mappa (vedi [Figura 1.3](#)):

- ✓ il Polo Nord Celeste (*North Celestial Pole*, NCP) è il luogo verso cui l'asse della Terra punta in direzione Nord. Se siete al Polo Nord geografico, il NCP è esattamente sulla vostra testa (se vi trovate da quelle parti salutate da parte mia Babbo Natale, ma fate attenzione: potreste trovarvi sul ghiaccio sottile, dal momento che al Polo Nord geografico non ci sono terre);
- ✓ il Polo Sud Celeste (*South Celestial Pole*, SCP) è il luogo verso cui l'asse della Terra punta in direzione Sud. Al Polo Sud geografico, l'SCP è esattamente sulla vostra testa (spero vi siate coperti, lì all'Antartico);

- ✓ linee immaginarie con uguale RA corrono dal NCP al SCP, formando semicerchi centrati sul centro della Terra. Sono immaginarie, ma segnate su quasi tutte le mappe stellari per aiutare le persone a trovare le stelle a una data RA;
- ✓ le linee immaginarie con la stessa Dec, come la riga nel cielo che delimita la declinazione di 30° Nord, passano sopra la latitudine geografica corrispondente. Così, a New York City, latitudine 41° Nord, il punto celeste sopra la testa è sempre a Dec 41° Nord, mentre la RA cambia con la rotazione della Terra. Queste linee appaiono sulle mappe stellari come *cerchi di declinazione*.



Scopriamo qualcosa in più su RA e Dec

Una stella con RA di 2h00m00s è 2 ore a est di una stella con RA 0h00m00s, indipendentemente dalla loro declinazione.

RA aumenta da ovest verso est, a partire da RA 0h00m00s, corrispondente a una linea nel cielo (in realtà a un semicerchio centrato sul centro della Terra) dal Polo Nord Celeste al Polo Sud Celeste. La prima stella potrebbe trovarsi a Dec 30° Nord, un'altra a Dec 15° 25'12" Sud, ma sono sempre separate di 2 ore lungo la direzione est-ovest (e separate di 45° 25'12" in quella nord-sud). I Poli Celesti, Nord e Sud, sono i punti nel cielo (in direzione Nord e Sud) attorno ai quali sembra ruotare il cielo, mentre le stelle sorgono e tramontano.

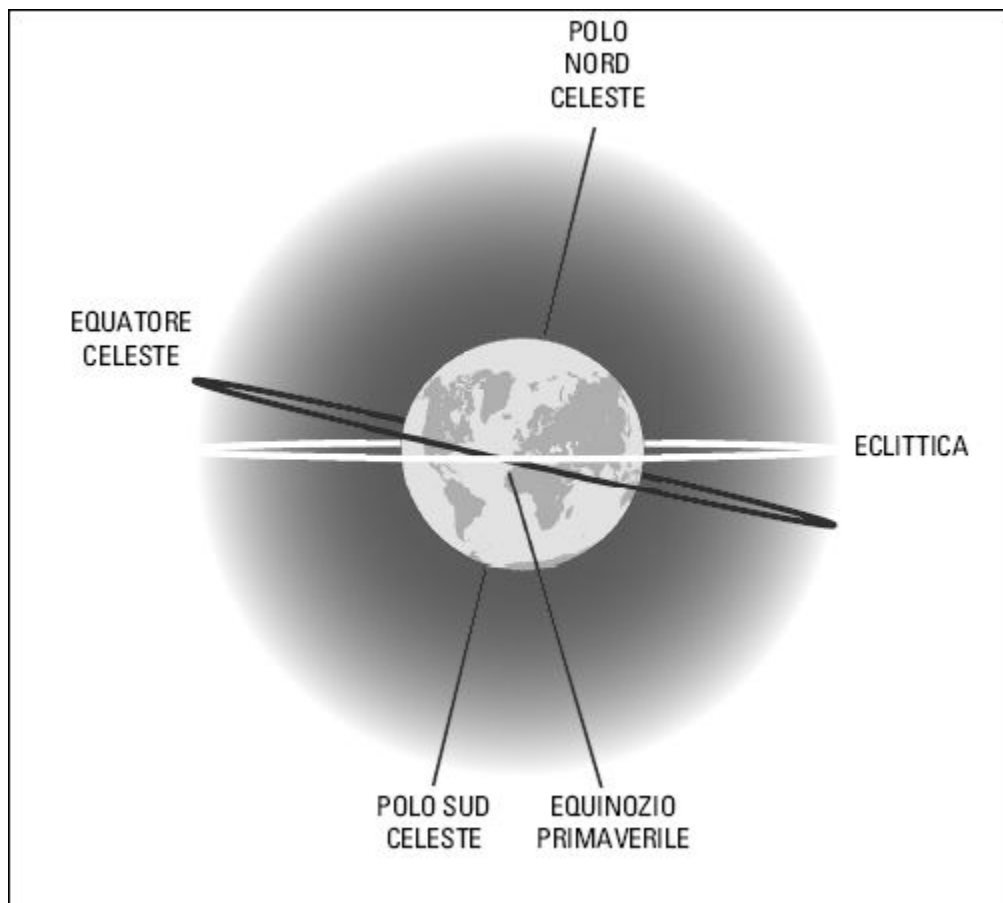
Attenzione alle seguenti particolarità di RA e Dec:

- ✓ un'ora di RA equivale a un arco di 15 gradi sull'equatore celeste. Ventiquattr'ore di RA fanno un giro completo intorno al cielo: $24 \times 15 = 360$ gradi. Un minuto di RA, detto un *minuto di tempo* o *minuto siderale*, è la misura d'angolo nel cielo equivalente a $1/60^\circ$ di ora di RA. il risultato è $15^\circ \div 60$, cioè $\frac{1}{4}^\circ$. Un secondo di RA, *secondo di*

tempo o secondo siderale, è 60 volte più piccolo di un minuto di tempo;

- ✓ la Dec si misura in gradi, come quelli di un cerchio, in minuti e in secondi d'arco. Un grado è circa uguale al doppio della dimensione angolare apparente della Luna. Il grado si divide in 60 minuti d'arco. Il Sole e la Luna piena sono entrambi larghi 32' circa, anche se in realtà il Sole è molto più grande della Luna. Il minuto d'arco è diviso in 60 secondi d'arco (60"). Quando guardate con un telescopio amatoriale ad alto ingrandimento, la turbolenza dell'aria rende la stella sfocata, ma in condizioni atmosferiche buone, con bassa turbolenza, l'immagine dovrebbe misurare 1" o 2".

Figura 1.3 Decodificare la sfera celeste alla ricerca delle direzioni dello spazio.





Adesso supponiamo di cercare il NCP dal cortile di casa. Rivolgetevi a nord e cercate a un'elevazione di x gradi, dove x è la vostra latitudine geografica. Sto dando per buono che vi troviate da qualche parte nell'Emisfero Settentrionale, per esempio in Europa o in America del Nord. Se invece vi trovate nell'Emisfero Meridionale, non potrete vedere il NCP. Però potrete cercare il SCP: basterà guardare il punto in direzione sud dove l'elevazione nel cielo, misurata in gradi rispetto all'orizzonte, è pari alla latitudine geografica.

In ogni libro di astronomia, o quasi, il simbolo " " indica i secondi d'arco, da non confondersi per esempio con i pollici, se le lunghezze sono espresse in questa unità e non in metri, cosa che può capitare con i testi anglofoni. È un errore grossolano ma piuttosto comune tra gli studenti anglofoni, errore al quale (in genere) sono invece immuni gli studenti abituati a usare i metri e non i pollici.

Ora un po' di buone notizie: se volete vedere solo le costellazioni e i pianeti non avete nessun bisogno di imparare come si usano la RA e la Dec: basta consultare una mappa stellare della settimana o del mese in cui state osservando (le trovate sul Web, per esempio sul sito di *Sky & Telescope*, sulle riviste che vi proporrò nel [Capitolo 2](#), o usando un planetario virtuale per PC, tablet o smartphone; ve ne suggerirò alcuni sempre nel [Capitolo 2](#)). Altrimenti, se volete capire come funzionano i cataloghi e le mappe stellari, oppure come azzerare il telescopio sulle galassie più tenui, comprendere come si usa il sistema di riferimento può aiutare parecchio.

Infine, se comprate uno dei telescopi più recenti assistiti dal computer, nuovi e brillanti eppure incredibilmente accessibili nel prezzo (confrontate il [Capitolo 3](#)), potete inserire la RA e la Dec di una cometa scoperta di recente e il telescopio la punterà immediatamente (una piccola tabella che si chiama *effemeride* accompagna sempre l'annuncio di una nuova cometa, indicandone RA e Dec nelle varie notti in cui scorrazza per il cielo).

Gravità: una forza da tenere in conto

Dal lavoro fondamentale del fisico inglese Sir Isaac Newton (1642–1727), sappiamo che ogni cosa in astronomia gira intorno alla gravità. Newton spiegò la gravità come una forza tra due corpi, dipendente dalla massa e dalla distanza. Maggiore è la massa, più grande è l'attrazione; maggiore è la distanza, più debole è la forza. Che sveglia, il nostro Newton!

Albert Einstein sviluppò una teoria della gravità migliore, in grado di superare i test sperimentali falliti della teoria di Newton, che funziona bene per la gravità che sperimentiamo tutti i giorni, come quella che portò la mela a colpirgli la testa (se andò davvero così), ma in altre circostanze si rivelava approssimativa. La gravità di Einstein è migliore perché predice tutte le situazioni in cui la teoria di Newton funziona, ma descrive bene anche gli effetti che accadono vicino ai corpi fortemente massivi, dove la gravità è davvero intensa. Einstein non spiegò la gravità come una forza, ma la considerò come la deformazione dello spazio e del tempo causata dalla presenza di un qualsiasi corpo dotato di massa, come per esempio una stella. Mi entusiasma ogni volta al solo pensarci!

Il concetto newtoniano di gravità spiega:

- ✓ perché la Luna orbita intorno alla Terra, perché la Terra orbita intorno al Sole, perché il Sole orbita intorno al centro della Via Lattea e perché tanti altri corpi orbitano intorno a un oggetto o a un altro nello spazio profondo;
- ✓ perché una stella o un pianeta sono sferici;
- ✓ perché i gas o le polveri dello spazio si possono aggregare e formare nuove stelle.

La teoria della gravità di Einstein, la Teoria Generale della Relatività, ci spiega:

- ✓ perché le stelle visibili vicino al Sole durante un'eclissi totale sembrano leggermente fuori posizione;
- ✓ perché esistono i buchi neri;
- ✓ perché osservando lo spazio profondo ci imbattiamo nel lensing gravitazionale;

- ✓ perché, ruotando, la Terra trascina con sé lo spazio-tempo deformato, un effetto che gli scienziati hanno verificato grazie alle orbite dei satelliti intorno alla Terra.

Approfondirò i buchi neri nei [Capitoli 11 e 13](#), mentre nei [Capitoli 11, 14 e 15](#) potrete leggere del lensing gravitazionale anche se non padroneggiate la Teoria Generale della Relatività.

Leggendo questo libro diventerete certamente più sapienti, ma i vostri amici vi chiameranno Einstein solo quando potrete esibire lunghi capelli arruffati, vecchi maglioni trasandati e una linguaccia ogni volta che vi fotografano.

Spazio: il subbuglio in movimento

Ogni cosa nello spazio si muove e ruota. I corpi celesti non possono mai fermarsi. Grazie alla gravità, le stelle attraggono costantemente ogni oggetto: pianeti, galassie o astronavi. Alcune persone sono egocentriche, l'universo, al contrario, non ha un suo centro.

Per esempio, la Terra:

- ✓ gira sul proprio asse – gli astronomi la chiamano *rotazione* – e un giro completo dura un giorno;
- ✓ orbita intorno al Sole – gli astronomi la chiamano *rivoluzione* – e un giro completo dura un anno;
- ✓ viaggia insieme al Sole su un'orbita molto larga attorno al centro della Via Lattea. Il viaggio dura circa 226 milioni di anni, intervallo di tempo noto con il nome di *anno galattico*;
- ✓ si sposta insieme alla Via Lattea in una traiettoria attorno al centro del Gruppo Locale delle Galassie, composto da alcune decine di galassie nel nostro angolo di universo;
- ✓ si muove attraverso l'universo con il Gruppo Locale, all'interno del flusso di Hubble, che è l'espansione generale dello spazio causata dal Big Bang.

Il Big Bang è l'evento che ha dato origine all'universo lanciando lo spazio stesso in un'espansione a velocità folle. Le più accurate teorie sul Big Bang spiegano molti dei fenomeni che osserviamo e ne hanno previsto alcuni mai visti prima che le teorie fossero formulate (per approfondire il Big Bang e altri aspetti dell'universo, andate alla [Parte IV](#)).

Vi ricordate di Ginger Rogers? Quando ballava, nei film, eseguiva tutti gli stessi passi di Fred Astaire, ma lo faceva in secondo piano. Come Ginger e Fred, la Luna segue tutti i movimenti della Terra (anche se certo non in secondo piano), fatta eccezione per la rotazione terrestre; la Luna ruota molto più lentamente, circa un giro al mese, e lo fa mentre sta girando intorno alla Terra; anche in questo caso un giro dura circa un mese.

E voi, in quanto abitanti della Terra, partecipate ai moti di rotazione, rivoluzione, orbita galattica, di deriva del Gruppo Locale e di espansione cosmica. E lo fate costantemente, anche mentre andate al lavoro, che ne siate consapevoli o meno, perciò chiedete al vostro capo un po' di comprensione, la prossima volta che arrivate qualche minuto in ritardo.

Capitolo 2

Uniamoci alla folla: attività e risorse per osservare il cielo

In questo capitolo

- ▶ Entrare nelle associazioni astronomiche, usare la Rete, scaricare app e altro
- ▶ Esplorare osservatori e planetari
- ▶ Divertirsi con feste stellari, viaggi e crociere per l'eclissi, hotel telescopio e parchi del cielo

L'astronomia ha un fascino universale. Le stelle ammaliano chiunque, dalla preistoria in poi. Le prime osservazioni del cielo hanno condotto a teorie sull'universo di ogni sorta, comprese quelle che attribuiscono influssi o finalità particolari ai movimenti delle stelle, dei pianeti e delle comete. Mentre state guardando il cielo, centinaia di migliaia di persone sparse nel mondo lo stanno facendo insieme a voi e durante l'osservazione non siete mai soli. Un sacco di persone, associazioni, pubblicazioni, siti web, app per smartphone e altro ancora sono lì a disposizione per aiutarvi a cominciare, per accompagnarvi lungo la strada e per incoraggiarvi a partecipare all'enorme lavoro necessario a spiegare l'universo.

In questo capitolo vi presenterò queste risorse, dandovi delle indicazioni per cominciare. Il resto spetta a voi: unitevi a noi!



Una volta che vi saranno chiare le risorse, le associazioni, le possibilità e gli strumenti che vi aiuteranno a divertirvi pienamente con l'astronomia, potrete continuare tranquillamente con la scienza astronomica vera e propria: la natura degli oggetti e dei fenomeni dello spazio profondo. Descriverò gli strumenti che vi servono per iniziare nel [Capitolo 3](#).

Non siamo soli: associazioni astronomiche, siti Internet, app per smartphone e altro

Ci sono tante informazioni, organizzazioni, persone e strutture immediatamente accessibili. Potete unirvi alle associazioni che partecipano alle attività di sostegno ai ricercatori per seguire il moto di stelle e pianeti. Potete frequentare i club astronomici che con i loro incontri, seminari e corsi di formazione vi permetteranno di condividere telescopio e siti di osservazione per godervi il cielo insieme ad altri appassionati. Potete anche scoprire riviste, siti web, libri, programmi per computer, app per smartphone con le informazioni fondamentali sull'astronomia e sugli eventi celesti in corso.

A seconda di dove vivete, avrete a disposizione programmi televisivi che vi tengono in contatto con il cosmo, come quello inglese della BBC *Il cielo di notte* o il *Public Broadcasting System's SkyWeek* negli Stati Uniti.

Unirsi a un'associazione astronomica per una costellata compagnia

Il modo migliore per tuffarsi nell'astronomia senza sforzi o spese inutili è quello di unirsi a un club astronomico e incontrarne i soci. In genere, le associazioni tengono incontri mensili in cui i più esperti danno suggerimenti ai principianti su tecniche e strumenti, oppure invitano scienziati a tenere lezioni e presentazioni. Inoltre, i soci vi consiglieranno per esempio dove fare dei buoni affari per comprare un telescopio o un binocolo di seconda

mano, oppure quali prodotti sul mercato valgono il loro prezzo (a riguardo leggete anche il [Capitolo 3](#)).

E meglio ancora: le associazioni astronomiche organizzano incontri di osservazione, di solito nelle notti del fine settimana, o saltuariamente in occasioni speciali, come una tempesta di meteore, un'eclissi e simili. Un incontro di osservazione è il posto migliore per imparare la pratica astronomica e quali strumenti vi servono. Non è nemmeno necessario che vi portiate un telescopio: la maggior parte delle persone sarà lieta di farvi dare un'occhiata attraverso il proprio. Mettetevi soltanto un paio di scarpe comode, portatevi guanti e cappello per l'aria fredda della notte e sfoderate un gran bel sorriso!

Se vivete in città, con grande probabilità il cielo notturno sarà rischiarato dalle luci, così troverete delle condizioni molto più favorevoli per l'osservazione se vi spostate verso un angolo più buio della campagna. Il club astronomico locale certamente conosce dei buoni posti: andando insieme ai soci in quei luoghi solitari, potrete godere l'osservazione con la sicurezza di essere in molti.



Se vivete in una città di una certa dimensione o in una città universitaria, c'è sicuramente un club astronomico nelle vicinanze. Negli Stati Uniti esiste addirittura un elenco piuttosto completo di club gestito dalla NASA, il NASA Night Sky Network, all'indirizzo <http://nightsky.jpl.nasa.gov>. È possibile anche consultare il sito dell'associazione delle associazioni americane, l'Astronomical League, all'indirizzo www.astroleague.org, dove potete navigare nell'elenco di oltre 240 club ordinati per stato di appartenenza.

Per un approccio più globale, visitate il sito della *Sky & Telescope*, www.skyandtelescope.com, cliccando sul menu *Community* e poi su *Clubs and Organizations* per trovare le associazioni di tutto il mondo. Basta scrivere la propria città, lo stato o la provincia, per avere informazioni sui gruppi astronomici amatoriali più vicini.

Un'occhiata per il mondo: esempi di club astronomici

L'Astronomical Society of the Pacific (www.astrosoociety.org), con sede a San Francisco, pubblica la rivista digitale trimestrale *Mercury* per gli amatori. Tiene un incontro annuale itinerante per gli Stati Uniti occidentali o talvolta si spinge a est, a Boston o a Toronto. Questa associazione offre agli insegnanti parecchio materiale didattico sull'astronomia.

Se andate in Canada, troverete 29 Centri della Royal Astronomical Society of Canada. Spesso, nelle loro attività sono coinvolti astronomi professionisti dell'università. Per trovare un

Centro, basta cercare sulla mappa del Canada sul sito della RASC, www.rasc.ca.

In Gran Bretagna, la venerabile British Astronomical Association, fondata nel 1890, va sempre alla grande. Il suo sito è www.britastro.org. La Society for Popular Astronomy, invece, che si descrive come "l'associazione astronomica più luminosa della Gran Bretagna" informa sui nuovi eventi celesti, su pianeti, meteore luminose e molto altro sul suo coloratissimo sito, www.popastro.com.

La maggior parte delle nazioni ha le proprie associazioni astronomiche: l'astronomia è davvero una passione "universale".

Siti web, riviste, software e app

Di materiali sull'astronomia ce n'è in abbondanza. Si può scegliere un ampio ventaglio di risorse tra siti web, app per smartphone e tablet, riviste e software per computer. Le pagine che seguono daranno qualche suggerimento per ricavare le informazioni migliori.

Navigando nel cyberspazio

La Rete offre siti per qualsiasi tema astronomico e anche le disponibilità crescono a velocità astronomica, per così dire! Nel libro troverete moltissimi siti web: volendo maggiori informazioni su pianeti, comete, meteore o eclissi, la Rete offre ottime pagine per qualsiasi argomento.



La rivista *Sky & Telescope* mantiene anche uno dei migliori siti web, www.skyandtelescope.com. Cominciate le vostre osservazioni consultando la pagina “Uno sguardo al cielo della settimana”, all’indirizzo www.skyandtelescope.com/observing/ataglance. Vi dirà quale pianeta, cometa o altro oggetto potrete vedere giorno per giorno (o notte per notte).



Stati Uniti a parte, troverete certamente sulla Rete un sito ben fatto per il vostro Paese, o almeno per la latitudine alla quale vivete. Nel Regno Unito, per esempio, c’è *Astronomy Now*, una rivista che offre una carta stellare interattiva pensata per gli osservatori di Gran Bretagna e Irlanda, disponibile anche su www.astronomynow.com/sky_chart.shtml.

Leggere le pubblicazioni con attenzione

Potete acquistare delle ottime riviste per aumentare le vostre conoscenze astronomiche e l’abilità nel fare pratica.

La maggior parte degli astronomi amatoriali si abbona almeno a una rivista. In molti casi, iscrivendosi a un’associazione astronomica, si ha diritto a uno sconto sull’abbonamento a una rivista nazionale (leggete il precedente “Unirsi a un’associazione astronomica per una costellata compagnia”, per una descrizione delle associazioni).



Vi raccomando di comprarvi una copia di un paio tra le migliori riviste di astronomia: provatele per un mese o due, e abbonatevi a quella che vi piace di più. Per citare alcuni esempi, negli USA. ci sono *Sky & Telescope* e *Astronomy* (www.astronomy.com); in Canada il bimestrale *SkyNews: The Canadian Magazine of Astronomy & Stargazing* (www.skynews.ca) i cui abbonati diventano Astronomy Associates of the Canada Science and Technology Museum; nel Regno Unito *Astronomy Now* (www.astronomynow.com) e *Popular Astronomy* (www.popastro.com/popularastronomy); in Francia *Ciel et Espace* (www.cieletespace.fr); in Australia troviamo *Australian*

Sky & Telescope (www.austskyandtel.com.au); in Germania *Sterne und Weltraum* (www.astronomie-heute.de); in Italia *Nuovo Orione e le stelle* (www.astronomianews.it), *Coelum Astronomia* (www.coelum.com) e altre ancora.

Ovunque vi troviate, vi sarà utile l'annuale *Observer's Handbook of the Royal Astronomical Society of Canada* (www.rasc.ca) dove decine di esperti compilano un manuale per divertirsi con i cieli.

Software e app

Un planetario software per il vostro PC è davvero un fedele aiuto e lo stesso vale per un'app planetario per smartphone o tablet. Questi programmi vi mostreranno come appare il cielo notturno dalle finestre di casa vostra notte per notte. Li potete usare per controllare quali stelle e quali pianeti saranno visibili in una certa data oppure in un determinato luogo, in modo tale che potrete sapere in anticipo cosa vedere in una vacanza futura o in una visita a un sito d'osservazione. Sono software fantastici da consultare, prima di uscire fuori a godersi il cielo stellato. Alcuni astronomi li usano per programmare le loro sessioni di osservazione: si preparano un'agenda con un elenco di oggetti da osservare al telescopio in momenti diversi per sfruttare con efficacia i tempi morti. Gli amatori in possesso di certi

telescopi assistiti da computer possono usare alcuni planetari software anche per puntare i telescopi verso stelle, pianeti e altri oggetti d'interesse.

I planetari software hanno una vasta gamma di prezzi e includono anche alcuni programmi liberi, con un'ampia scelta di caratteristiche e opzioni. Alcuni sono pubblicizzati sulle riviste di astronomia. Per cominciare ve ne serve uno solo, e magari sarà anche quello che userete per sempre. Il modo migliore per scegliere un planetario software che vi soddisfi è quello di chiedere consiglio a un astronomo amatoriale esperto della vostra associazione astronomica. Quello che va bene per lui probabilmente sarà ottimo anche per voi.



Ora vi suggerisco un elenco di programmi che meritano la vostra considerazione:

- ✓ **Stellarium:** un planetario virtuale gratuito, open-source, compatibile con quasi tutti i sistemi operativi. Visitate il sito www.stellarium.org per vedere la numerose possibilità che offre, alcune schermate di esempio e per scaricarlo;
- ✓ **TheSkyX:** esistono ben tre versioni di questo planetario, messe online dalla Software Bisque su www.bisque.com/sc, ma consiglio la più semplice ed economica, la TheSkyX Student per principianti. Potete usare il programma per scoprire il cielo di un qualsiasi luogo in una qualsiasi data e si possono vedere anche come le stelle sono posizionate durante il giorno (anche se non si potrebbero vedere a meno che non ci sia un'eclissi totale di Sole). Si possono stampare le carte stellari e usarle anche per predire i flare del satellite Iridium visibili dal luogo in cui vi trovate (descriverò i flare di Iridium nel [Capitolo 4](#)). Questo programma, però, non è in grado di puntare il telescopio al posto vostro;
- ✓ **Sky Safari Pro:** disponibile solo per computer Mac, anche di questo esistono tre versioni. Quella di base non controlla un telescopio, ma per il resto possiede probabilmente tutto ciò di cui necessita un

amatore alle prime esperienze. Il programma è basato sull'app Sky Safari che descriverò fra breve ed è disponibile sul sito www.southernstars.com;

- ✓ **Sky & Telescope, planetario online:** semplice e gratuito, lo trovate su www.skyandtelescope.com. Una carta stellare interattiva compare sullo schermo mostrando in tempo reale il cielo sopra Greenwich, in Inghilterra. Partendo da qui, potete impostare la vostra posizione geografica e la data in cui prevedete di osservare.

Negli ultimi anni sono comparse sul mercato anche molte ottime app per smartphone e tablet legate all'astronomia. Ho lo spazio per elencarne solo qualcuna:

- ✓ **AstroGizmo:** planetario virtuale per iPhone e iPad, piuttosto economico, che mostra le 88 costellazioni (quelle elencate nel [Capitolo 1](#)) e i pianeti. Puntate semplicemente il vostro dispositivo verso il cielo e AstroGizmo vi mostrerà le stelle e i pianeti (se presenti) in quella direzione, così come li vedete dal luogo e dall'ora in cui vi trovate;
- ✓ **CraterSizeXL:** usate quest'app per iPad e iPhone per calcolare la drammatica probabilità che un asteroide si stia dirigendo verso la Terra (parlerò dei PHA, Potentially Hazardous Asteroids, nel [Capitolo 7](#)). Dopo aver fornito una serie di informazioni sull'oggetto, CraterSizeXL predice l'energia d'impatto in unità equivalenti alle bombe nucleari di Hiroshima, le dimensioni del cratere e altro. I danni di un impatto con un asteroide potrebbero ben oltrepassare i mille miliardi di euro, ma l'applicazione è disponibile per pochi spiccioli;
- ✓ **Distant Suns 3:** altra app per iPhone e iPad particolarmente adatta al pubblico degli amatori statunitensi, perché segnala gli eventi in arrivo nei club astronomici degli USA prendendo le informazioni dal NASA Night Sky Network;
- ✓ **Galaxy Zoo:** app gratuita sia per telefoni e tablet Android sia per iPhone e iPad, è indicata per i Citizen scientist che danno una mano alla scienza astronomica classificando la forma di un numero astronomico di galassie fotografate dall'Hubble Space Telescope. Vi

permette di unirvi a più di 250.000 volontari in tutto il mondo in questa importante impresa (descriverò le galassie e spiegherò come unirsi al Galaxy Zoo dal vostro PC, smartphone o tablet, nel [Capitolo 12](#));

- ✓ **Google Sky Map:** con un telefono o un tablet Android potete usare quest'app gratuita per identificare pianeti e stelle visibili, godendovi le foto di numerosi oggetti celesti dai cataloghi NASA;
- ✓ **GoSatWatch:** chi ha un iPhone o un iPad può usare quest'app per sapere dove orbitano i satelliti artificiali e per prevedere quando passeranno sopra la propria regione o un'altra (descriverò i satelliti artificiali nel [Capitolo 4](#));
- ✓ **NASA Meteor Counter:** è un'app per iPhone e iPad che aiuta a contare le meteore e a segnalarle alla NASA (come descriverò nel [Capitolo 4](#));
- ✓ **Sky Safari:** planetario virtuale votatissimo (per Android, iPhone e iPad), è disponibile in molte versioni con prezzi che variano da circa 3 euro per la più semplice a circa 60 per la più avanzata. Ovviamente, più pagate e più opzioni avrete. Con la versione di base potete puntare il telefono verso il cielo, notturno o diurno, per identificare gli oggetti celesti visibili (di notte) o invisibili (di giorno) presenti in ogni direzione. Cominciate con la versione economica per vedere se offre tutto quello che vi serve;
- ✓ **Space Junk Lite:** chi ha un telefono o un tablet Android può usare quest'app gratuita per trovare le stelle, i pianeti e le costellazioni visibili nel cielo notturno nel luogo dove si trovano e per identificare l'International Space Station e l'Hubble Space Telescope quando attraversano il cielo. Se vi piace, valutate se scaricare anche la versione avanzata, **Space Junk Pro** (a circa 5 €);
- ✓ **Stellarium:** app gratuita per iPhone basata sul planetario virtuale Stellarium per PC descritto in precedenza.

[Visitare osservatori e planetari](#)

Potete visitare gli osservatori accademici (organizzazioni che possiedono grandi telescopi in dotazione ad astronomi e ad altri scienziati che li usano per studiare l'universo) e i planetari pubblici (strutture attrezzate per proiettare stelle e altri oggetti celesti in una camera oscurata, con semplici spiegazioni dei fenomeni) per approfondire su telescopi, astronomia e programmi di ricerca.

All'osservatorio

Esistono centinaia di osservatori professionali in giro per il mondo. Alcuni sono delle vere e proprie istituzioni accademiche per le università o per le agenzie governative. Ne sono un esempio lo U.S. Naval Observatory (sito nel cuore di Washington, D.C., protetto dai Servizi Segreti e residenza del Vicepresidente degli Stati Uniti: www.usno.navy.mil/USNO) e i siti di osservazione collocati in remote catene montuose (come il Meyer-Womble Observatory dell'Università di Denver sul Monte Evans che, con i suoi 4.326 metri di altezza circa è ritenuto il più alto osservatorio occidentale: <http://mysite.du.edu/~rstencil/MtEvans>).

Alcuni osservatori si dedicano all'educazione e all'informazione del pubblico. Tali strutture sono gestite spesso da città, regioni, plessi scolastici o organizzazioni no profit.

Ecco alcuni tra i più importanti:

- ✓ **The Royal Observatory, Greenwich, a Londra, Inghilterra:** uno dei più celebri osservatori al mondo (www.rmg.co.uk/royal-observatory), un tempo era una struttura per la ricerca astronomica che si chiamava Royal Greenwich Observatory. È la “casa” del meridiano di Greenwich, a partire dal quale si misura la longitudine sulla Terra. Altra caratteristica importante era la sorgente originale del Greenwich Mean Time, che una volta era la principale scala del tempo internazionale;
- ✓ **Lowell Observatory, sul Mars Hill a Flagstaff, Arizona:** gli osservatori di ricerca hanno un grado diverso di accoglienza dei visitatori, ma il Lowell è sicuramente tra i più ospitali (www.lowell.edu). In alcune notti sono ammesse visite per osservare

stelle e pianeti: l'osservatorio si pregia di offrire “un'osservazione con il telescopio usato da Percival Lowell per studiare Marte” oppure “la visita al telescopio che aiutò Clyde Tombaugh a scoprire Plutone”. Possiede un bel centro per i visitatori con un teatro e una sala esposizioni ed è aperto frequentemente per le visite del complesso (parleremo di Percival Lowell e di Marte nel [Capitolo 6](#), e di Plutone nel [Capitolo 9](#));

- ✓ **National Solar Observatory, a Sunspot, New Mexico:** i telescopi che osservano il Sole sono siti sopra la piccola cittadina di Cloudcroft, poco a nord della città di Alamogordo. Si possono visitare sia il Sunspot Astronomy Center sia il Centro Visite (solo di giorno) e anche fare un giro dell'osservatorio. Per maggiori informazioni: www.nso.edu;
- ✓ **Mount Wilson Observatory, nelle San Bernardino Mountains a nord di Los Angeles, California:** qui furono scoperti l'espansione dell'universo e il magnetismo solare. L'osservatorio è una pietra miliare della storia della scienza e persino Albert Einstein è stato suo ospite. Ma non occorre essere dei geni per visitarlo, si può consultare anche a questo indirizzo: www.mtwilson.edu;
- ✓ **Griffith Observatory e il Planetario annesso, a Los Angeles, California:** è interamente dedicato al pubblico, nel Griffith Park di Los Angeles e merita sicuramente la visita (www.griffithobs.org);
- ✓ **Palomar Observatory, vicino a San Diego, California:** qui vedrete il celebre telescopio da 508 cm che per decenni è stato il più grande e il migliore al mondo. Anche se ora si confronta con strumentazioni ben più recenti, continua a contribuire alla scoperta dell'universo. La visita presso gli edifici dell'osservatorio è libera; controllate gli orari sul sito www.astro.caltech.edu/palomar, prima di visitarlo; la struttura chiude molto prima del tramonto e spesso l'accesso è sospeso con breve preavviso per le condizioni della strada o del tempo in prossimità della cima. Possiede anche un piccolo museo e un negozio di souvenir;
- ✓ **Kit Peak National Observatory, in una riserva dei nativi americani (la Tohono O'odham Nation) nel deserto di Sonoran, 90 chilometri a ovest di Tucson, Arizona:** quando lavoravo a Kitt Peak negli anni

Sessanta, ai turisti era consentita la visita soltanto di giorno. Già così c'era davvero molto da vedere: dal centro visite (un museo astronomico) alle varie cupole da telescopio. Le cose oggi sono migliorate, per cui mettete pure il KPNO sulla vostra lista, quando visiterete il Sud-Ovest americano. Durante il giorno sono possibili visite guidate o libere, ma prenotando in anticipo potrete anche godervi una nottata osservando il cielo con alcuni dei telescopi del KPNO. Per i dettagli: www.noao.edu/kpno;

- ✓ **MMT Observatory, sul Monte Hopkins nella Coronado National Forest, 60 chilometri a sud di Tucson, Arizona:** si entra al Fred Lawrence Whipple Visitor Center ai piedi della montagna, dove potrete divertirvi con le mostre in corso e prenotare le visite all'osservatorio, dotato di un telescopio riflettore di 6,5 metri, uno dei più grandi degli Stati Uniti continentali. Prima di andare, controllate le visite pubbliche dell'MMT sul sito www.mmt.org/node/289 per conoscere gli orari precisi;
- ✓ **Osservatorio di Mauna Kea, sull'Isola di Hawaii:** la più grande "fattoria di telescopi" degli USA, con i suoi 13 enormi telescopi usati dagli Stati Uniti e altre dieci nazioni. In tutto l'Emisfero Nord nessun altro insieme di telescopi è confrontabile a quello del Mauna Kea; solo in quello Sud esiste un insieme simile, nello European Southern Observatory in Cile. Mauna Kea vale la visita, ma per via dell'altitudine (circa 4.200 m), occorre essere in buona salute e seguire le istruzioni per i visitatori riportate sul sito del MKO (www.ifa.hawaii.edu/mko). La prima volta che visitai l'osservatorio, salendo una rampa di scale sono diventato blu! Mi hanno subito somministrato dell'ossigeno e mi hanno riportato a una quota inferiore presso una struttura dei ricercatori a "soli" 2.800 m per riprendermi. Sempre a 2.800 c'è anche un centro visite da dove è possibile iniziare il percorso.

Si possono visitare anche gli osservatori radioastronomici, in cui gli scienziati "ascoltano" radiosegnali dalle stelle oppure cercano addirittura segnali di civiltà aliene. Ecco i miei preferiti:

- ✓ **National Radio Astronomy Observatory:** finanziato dalla National Science Foundation, il NRAO ha le proprie strutture nei pressi di Socorro, New Mexico, e Green Bank, West Virginia. I visitatori sono benvenuti (www.nrao.edu):
 - **Centro Visite del Very Large Array (VLA):** guidate attraverso le pianure di San Agustin, vicino a Socorro, per vedere l'enorme radiotelescopio, un complesso di 27 radiotelescopi parabolici, ognuno di 25 metri di diametro. Potete visitare il Centro Visite e il negozio, ma se volete entrare nell'osservatorio, dovrete andarci il primo sabato del mese. Tutti i dettagli su: www.nrao.edu/index.php/learn/vlavc;
 - **Robert C. Byrd Green Bank Telescope:** a Green Bank, annidato tra le montagne nella United States National Radio Quiet Zone, troverete il più grande telescopio parabolico del mondo completamente movimentabile, con un diametro di 100 metri. Il Green Bank Science Center offre mostre interattive. Dopo la visita, prendetevi una bevanda allo Starlight Café. Per saperne di più: www.nrao.edu/index.php/learn/gbsc;
- ✓ **Jodrell Bank Observatory, vicino a Goostrey, Cheshire, Inghilterra:** in questo osservatorio, gestito dall'Università di Manchester, vedrete lo storico radiotelescopio parabolico Lovell con i suoi 76 metri di diametro, un tempo usato per rimbalzare segnali radar sui razzi impulsori sovietici e perfino sulla Luna. Il Jodrell Bank Discovery Centre offre uno Space Pavilion, una Planet Walk, un Galaxy Garden e altro. Durante alcune festività è chiuso, per cui prima di andare controllate sul sito (www.jodrellbank.net/visit);
- ✓ **Telescopio Parkes Radio, vicino a Parkes, New South Wales, Australia:** Il radiotelescopio da visitare quando siete dall'altro capo del mondo, con ben 65 metri di diametro. Il telescopio è celebre tra gli astronomi per le sue scoperte, ma ha raggiunto il suo apice di fama pubblica quando trasmetteva alla NASA i messaggi degli astronauti dell'Apollo in missione sulla Luna. Il Parkes Radio Telescope Visitors Discovery Centre ospita mostre, possiede due teatri e l'azzeccatissimo Parabola Café

(www.csiro.au/Portals/Education/Programs/Parkes-Radio-Telescope/VisitParkesTelescope.aspx).

Un salto al planetario

I planetari, talvolta chiamati *planetaria*, sono perfetti per gli astronomi principianti. Offrono dimostrazioni istruttive e, negli spettacoli al loro interno, proiettano un cielo favoloso sulla cupola della struttura o su uno schermo gigante. Molti organizzano delle sessioni di osservazione notturna con piccoli telescopi, che in genere si svolgono all'aperto nel piazzale del parcheggio, in una piccola cupola per le osservazioni o, ancora, in un parco pubblico nelle vicinanze. Spesso hanno un negozio ben fornito dove comprare gli ultimi libri di astronomia, le riviste e le mappe stellari. Il personale del planetario potrà indirizzarvi verso l'associazione astronomica locale, che magari si incontra nelle ore di chiusura all'interno del planetario stesso.

Sono praticamente cresciuto dentro l'*Hayden Planetarium* dell'*American Museum of Natural History* di New York City. Di tanto in tanto, lo confesso, mi sono imbucato senza pagare. Il personale è stato così gentile da farmi tornare per tenere una conferenza (anche questa gratuita) in occasione del suo cinquantesimo anniversario. Anche se il vecchio planetario è stato dismesso, uno nuovo e spettacolare lo ha sostituito. Considerate questo planetario come una visita fondamentale, quando vi recherete nella Grande Mela. È costoso, ma sempre più economico di uno spettacolo a Broadway, e le sue stelle non sbaglieranno mai una battuta d'entrata né stoneranno cantando (però, non imbucatevi come facevo io). Le informazioni per i visitatori si trovano sul sito www.amnh.org/visitors/index.php.



Loch Ness Productions, in Colorado, è il mostro dei planetari. Segue le attività di più di 3.500 planetari in giro per il mondo. Nell'apposito elenco sul Web (www.lochnessproductions.com/lfco/lfco.html) non sono

menzionati proprio tutti, ma troverete certamente un planetario vicino a dove vivete o al Paese che intendete visitare.

Una vacanza con le stelle: feste, viaggi per l'eclissi, parchi del cielo e altro ancora

Una vacanza astronomica è una delizia per la mente e una vera festa per gli occhi. Inoltre, un viaggio con le stelle è in genere più economico di una vacanza normale. Non occorre andare nelle mete turistiche più gettonate del momento per competere con il vostro vicino altezzoso. Potete godervi un'esperienza di vita e tornare a casa raccontando con entusiasmo cosa avete visto e cosa avete fatto, invece di cosa avete mangiato e di cosa avete acquistato.

Però, se proprio volete, potete spendere un bel po' di soldi anche per una vacanza astronomica, se scegliete la crociera dell'eclissi. Se siete degli appassionati delle crociere oceaniche, comunque, quella verso l'eclissi non vi costerà più delle altre che non offrono alcuna ricompensa celeste. In ogni caso, anche i tour per l'eclissi, talvolta, sono disponibili nei reparti delle grandi occasioni.

Altre possibili scelte sono poi le feste stellari, gli hotel telescopio e le gite nei parchi del cielo che troverete di seguito. Per cui, preparate le valigie e lasciate il cane ai vicini!

Festa! Partecipare a un party stellare

Le feste delle stelle sono dei convegni all'aperto per astronomi amatoriali. Ognuno si porta il proprio telescopio in campo (alcuni autocostruiti) e comincia a osservare il cielo (preparatevi a una serie notevole di "Ooh" e di "Aah"). Appositi giudici scelgono il miglior telescopio e la migliore attrezzatura fai da te, coprendo i proprietari di alloro e stima e, talvolta, conferendo addirittura un premio. Se la pioggia arriva a guastare la festa, i partecipanti potranno spostarsi in una grande sala nelle vicinanze o in una tenda a guardare diapositive. Altri affittano una casetta o si spostano in un albergo nelle vicinanze. Le feste delle stelle durano una notte o due, a volte

anche un'intera settimana. Attirano poche centinaia di astronomi amatoriali e di costruttori hobbisti di telescopi, ma arrivano anche a radunarne migliaia (proprio così: migliaia)! Le feste più grandi hanno dei siti web con foto dei party precedenti e con dettagli di quelli in programma. Alcuni somigliano all'AstroFest di cui parlerò fra breve, che unisce osservazioni della volta stellata a mostre e prestigiose conferenze.



Tra le principali feste delle stelle degli Stati Uniti ci sono:

- ✓ **Stellafane:** uno *star party* nel Vermont che va alla grande fin dal 1926 (<http://stellafane.org/convention/index.html>);
- ✓ **Texas Star Party:** entrate in contatto con le stelle al Prude Ranch nel *Lone Star State* (<http://texasstarparty.org>);
- ✓ **RTMC Astronomy Expo:** toccate il cielo con un dito salendo sui 2.300 m nelle montagne californiane di San Bernardino Mountains (www.rtmcastronomyexpo.org);
- ✓ **Enchanted Skies Star Party:** una gita nel deserto del New Mexico per guardare il cielo notturno a South Baldy, all'altezza di 3.200 m (<http://enchantedskies.org>);
- ✓ **Nebraska Star Party:** questa festa si vanta di “una fantastica esplorazione della notte estiva completamente libera dall'inquinamento luminoso” (www.nebraskastarparty.org).

Ecco invece le principali feste delle stelle nel Regno Unito:

- ✓ **The Equinox Sky Camp:** si tiene a Kelling Heath, Norfolk; questa festa si proclama: “La più grande festa delle stelle del Regno Unito” (www.starparty.org.uk);
- ✓ **Kielder Forest Star Camp:** si tiene in Northumberland, Kielder Forest, ed è considerata “la riunione più scura di tutti gli star party inglesi” (www.kielderforeststarcamp.org/starcamp.html).

Se vivete nell'Emisfero Sud, o programmate un viaggio laggiù, segnalate invece:

- ✓ **South Pacific Star Party:** si tiene vicino a Ilford, NSW, Australia, su una proprietà riservata allo skywatching dall'Astronomical Society of New SouthWales (www.asnsw.com/node/712).

Vi consiglio vivamente di partecipare almeno una volta a queste feste, ma nel mentre, chiedete al vostro club astronomico locale se ci sono eventi simili nelle vostre vicinanze.

Festeggiamenti all'AstroFest

Esistono manifestazioni completamente dedicate agli entusiasti dell'astronomia dove si possono ascoltare astronomi famosi, incontrare autori di libri sull'astronomia o informarsi sulle ultime novità della scienza spaziale. I gruppi e le associazioni astronomiche organizzano questi veri e propri festival per riuscire a entrare in contatto con il grande pubblico, con gli studenti e con gli insegnanti. Le manifestazioni, spesso indicate con il nome di AstroFestival o AstroFest, organizzano tavole rotonde sull'astronomia e sulla ricerca spaziale insieme a dimostrazioni sulle tecnologie più recenti a disposizione degli amatori. Gli AstroFestival si presentano con queste caratteristiche soprattutto in Europa e in Australia, mentre negli Stati Uniti sono spesso le feste delle stelle a inglobare in sé eventi diurni come le conferenze o le esibizioni.

Nel corridoio d'ombra: una crociera per l'eclissi e viaggi vari

I viaggi e le crociere per l'eclissi sono dei viaggi organizzati che vi portano là dove è possibile vedere un'eclissi totale di Sole. Gli astronomi calcolano con largo anticipo quando e dove si verificherà. I luoghi da cui si vede un'eclissi totale sono delle porzioni molto ristrette di terra o di mare, il cosiddetto *corridoio d'ombra* o *fascia di totalità*. Potete stare a casa e aspettare che un'eclissi venga da voi, ma magari non vivrete abbastanza a

lungo per vederne una. Così, se appartenete alla categoria degli *stargazer* scalpitanti, preferirete di certo avventurarvi verso la fascia di totalità.

Riconoscere le ragioni per prenotare un viaggio

Se un'eclissi è a portata di automobile, non dovrete certo prenotare un viaggio organizzato (ma questi casi sono rari; potete consultare l'elenco delle prossime eclissi totali del Sole nel [Capitolo 10, Tabella 10.1](#)).

Se siete viaggiatori navigati, dentro e fuori i confini nazionali, potete recarvi nel corridoio d'ombra di un'eclissi lontana per i fatti vostri. Ma considerate che i meteorologi e gli astronomi esperti identificano i posti con le viste migliori con anni di anticipo; molto spesso questi luoghi non si trovano in grandi metropoli con un'alta ricettività turistica. Inoltre, dovrete viaggiare verso punti lontani del globo muovendovi un po' a casaccio. Una volta individuata una regione di primo piano per una futura eclissi, infine, i tour operator e qualche privato molto sveglio si accaparrano, con anni di anticipo, se non tutti, almeno la maggior parte degli hotel e delle altre strutture presenti nell'area. Il signor Rossi e la signora Bianchi, invece, arrivano molto più tardi e soprattutto chi viaggia in modo indipendente può non essere così fortunato.

Un tour promoter, in genere, assume un meteorologo e un manipolo di astronomi professionisti (in passato anche me). In questo modo potrete usufruire dell'esperienza di un esperto delle condizioni meteo, che può prendere sino all'ultimo momento la decisione di spostare o meno il sito di osservazione del gruppo verso un luogo che il giorno seguente offre le maggiori garanzie di tempo favorevole. Inoltre, godrete dei vantaggi della presenza di un astronomo che vi può indicare i metodi più sicuri per fotografare l'eclissi e di solito anche di un altro che vi intratterà con vecchie storie sulle eclissi e vi aggiornerà sulle ultime scoperte sul Sole e sullo spazio.

La sera dopo l'eclissi, tutti mostreranno i propri filmati del cielo che si oscura, degli uccelli che si posano nel bel mezzo della giornata, dell'imbranato che ti urta il telescopio nel peggior momento possibile e della folla eccitata che ulula i "Wow!" e gli "Hurrà". E, ovviamente, l'eclissi in questo modo si rivede ancora e ancora.

Se tutti questi dettagli non vi hanno convinto a prenotare un viaggio per l'eclissi per il piacere dell'osservazione, meditate ancora su questo: un viaggio organizzato all'estero è di solito più economico di uno fai da te (e certamente molto più soddisfacente che attendere anni prima che l'eclissi si presenti a casa vostra). Infine, tenete presente che nel gruppo incontrerete nuovi amici che condividono la vostra passione per la caccia all'eclissi e per l'osservazione del cielo. Nel mio caso è andata proprio così.

I vantaggi di una crociera

Una crociera per l'eclissi è in genere molto meglio di un viaggio, ma è più cara. Nel mare, il capitano e il navigatore hanno "2° di libertà". Quando la notte prima dell'eclissi il meteorologo dirà: "Spostati a sud-est lungo il corridoio d'ombra per 300 km", per centrare la massima probabilità di un sito sgombro da nuvole, la nave seguirà tranquillamente le istruzioni. Sulla terra, dovrete mettere il pullman in strada nel cuore della notte e la strada potrebbe non essere esattamente lungo il tragitto di cui avete bisogno. In occasione di un'eclissi totale in Libia, la nostra processione di autobus del viaggio organizzato si spostò seguendo la strada più vicina, attraversando il deserto verso il sito di osservazione designato dove erano disponibili acqua, bagni chimici, guardie di sicurezza e venditori di magliette. In una crociera, lasciate tutta l'incombenza all'equipaggio, vi piazzate su una sedia sdraio sorseggiando una piña colada con la macchina fotografica pronta e non vi resta che aspettare la totalità.



Ho visto molte eclissi e per esperienza so che se rimanete sulla terraferma avrete uno spettacolo chiaro della totalità una volta su due. Sull'oceano, invece, non ve la perdete praticamente mai.

La scelta giusta

Potrete trovare la pubblicità di viaggi e crociere per l'eclissi sulle riviste e sui siti web dedicati all'astronomia, alla natura o alla scienza o in generale. Spesso, i club astronomici e le organizzazioni studentesche e mutualistiche si danno da fare per prenotazioni di gruppo sulle crociere delle eclissi.



Ecco qualche consiglio per scegliere il viaggio o la crociera che fanno al caso vostro:

- ✓ consultate i numeri in corso delle riviste di astronomia e quelli arretrati. La maggior parte riporta degli articoli dedicati ai prospetti di visibilità delle eclissi solari dei prossimi anni. Ne ricaverete delle raccomandazioni esperte su quali sono i migliori siti;
- ✓ controllate gli annunci dei tour operator. Quale viaggio o crociera si dirige verso i migliori siti? Procuratevi delle brochure: i promoter che mostrano i viaggi per l'eclissi svolti in precedenza possono vantare un certo livello di esperienza.

Si può fare! Partecipare alla ricerca scientifica

Unite anche l'utile, al dilettevole del vostro hobby astronomico: unitevi agli sforzi nazionali e mondiali per la raccolta di dati scientifici preziosissimi. Certo, magari avete soltanto un binocolo, che non è nulla in confronto ai due telescopi da 10 metri del Keck Observatory, ma se un giorno il cielo è nuvoloso, Keck non vedrà nulla. E se una spettacolare palla di fuoco attraversa il cielo sulla vostra città, magari sarete l'unico astronomo a vederla.

I satelliti segreti del Dipartimento della Difesa statunitense e un turista che girava un filmato amatoriale in vacanza al Glacier National Park registrarono una delle più spettacolari e interessanti meteore di tutti i tempi. Uno spezzone di quel filmato compare praticamente in tutti i documentari televisivi su meteore, asteroidi e comete. Essere nel posto giusto al momento giusto paga molto. Magari capiterà anche a voi. Unitevi ad altri astronomi amatoriali nella cosiddetta *Citizen Science* e divertitevi con i progetti che vi consiglio nel libro.

Potete aiutare la NASA nel conteggio delle meteore con il vostro smartphone (vedi [Capitolo 4](#)), spulciare tra le foto fatte da un satellite in orbita lunare per identificare i più piccoli crateri della Luna (vedi

Capitolo 5), analizzare i dati radioastronomici dell'Allen Telescope Array per cercare tracce di intelligenza extraterrestre (vedi Capitolo 14), aiutare gli scienziati nella caccia ai pianeti delle stelle diverse dal Sole (di nuovo Capitolo 14), o dare la caccia alle nebulose a bolla nella Via Lattea e classificare le galassie fotografate dall'Hubble Space Telescope sul vostro PC (entrambi i progetti sono descritti nel Capitolo 12)

On the road tra gli hotel telescopio

Gli hotel telescopio sono alberghi in cui l'attrattiva sono i cieli scuri e l'opportunità di piazzare il proprio telescopio in un eccellente sito di osservazione. In genere hanno anche dei telescopi propri utilizzabili dai clienti, magari come opzione extra a pagamento. Se vi piace l'idea di una vacanza da *stargazer* senza l'ingombro di portarvi dietro un telescopio per il viaggio e per il mondo, gli hotel telescopio sono una buona opportunità.



Ecco un elenco di questi hotel negli Stati Uniti che valgono una visita:

- ✓ **Observer's Inn** (www.observersinn.com): si trova nella storica cittadina di Julian, California, celebre per le miniere d'oro. Possiede un osservatorio e delle postazioni in cemento dove piazzare il proprio telescopio;
- ✓ **Primland**: si trova sulle Blue Ridge Mountains nei pressi di Meadows of Dan, Virginia. Si tratta di un resort di lusso, non un semplice hotel. Offre un'eccellente *stargazing* nel proprio osservatorio (<http://primland.com>). Vi conviene invitare anche lo zio ricco e fargli capire che deve offrire;
- ✓ **San Pedro Valley Observatory**: nei pressi di Benson, Arizona, mette a disposizione degli astronomi-guida con telescopi da 50 cm e molti altri più piccoli per l'osservazione e l'astrofotografia. Non offre

alloggio, ma indirizza verso gli hotel e i bed and breakfast delle vicinanze. Per i dettagli: <http://arizona-observatory.com>.

Nel mondo, consiglio:

- ✓ **Fieldview Guest House** è un bed and breakfast con sei telescopi a Norfolk, Inghilterra orientale (www.fieldview.net);
- ✓ **COAA (Centro de Observação Astronómica no Algarve)**: sito nel Portogallo meridionale, offre diverse camere, una mezza dozzina di telescopi e un sistema radar per osservare le meteore sia di giorno sia di notte (www.coaa.co.uk/index.html);
- ✓ **SPACE (San Pedro de Atacama Celestial Explorations)**: un hotel telescopio a San Pedro de Atacama, Cile, che offre alloggio, viaggi (con guide che parlano in inglese, spagnolo e francese) e telescopi nel deserto di Atacama a un'altitudine di circa 2.500 metri (www.spaceobs.com). La regione è considerata una delle migliori posizioni per le osservazioni astronomiche sulla Terra.

Campeggiare nei parchi del cielo

L'International Dark-Sky Association (IDA, www.darksky.org) conferisce la designazione di International Dark Sky Park ai terreni pubblici con buone stellate e minime interferenze dell'illuminazione artificiale. Un parco del cielo notturno può essere dotato o meno di telescopi, ma resta un ottimo sito dove piazzare il vostro telescopio portatile.

Ecco un elenco dei parchi del cielo che meritano una visita negli Stati Uniti:

- ✓ **Natural Bridges National Monument**: nello Utah, questo parco esalta il suo arco naturale di roccia che di notte “forma una finestra su un cielo colmo di migliaia di stelle così luminose da far ombra” (www.nps.gov/nabr/index.htm);
- ✓ **Big Bend National Park**: parco del cielo in Texas, sul Rio Grande (www.nps.gov/bibe/index.htm);

- ✓ **Geauga County Observatory Park:** parco nell'Ohio dotato di telescopi, acqua e stazioni sismiche (www.geaugaparkdistrict.org/observatorypark.shtml);
- ✓ **Cherry Springs State Park:** la Foresta di Susquehannock State in Pennsylvania vanta questo parco del cielo, che ospita spesso qualche festa delle stelle (www.dcnr.state.pa.us/stateparks/findapark/cherrysprings/index.htm);
- ✓ **Clayton Lake State Park:** per guardare il cielo notturno del New Mexico da un osservatorio pubblico mentre ascoltate le chiacchiere celestiali degli astronomi (www.emnrd.state.nm.us/PRD/Clayton.htm);
- ✓ **Goldendale Observatory State Park:** si trova nello Stato di Washington e mette a disposizione telescopi, “tour delle costellazioni” e osservazioni diurne di Venere quando il pianeta si trova nel cielo pomeridiano (www.perr.com/gosp.html);
- ✓ **The Headlands:** per godersi la notte lungo il canale dello Straits di Mackinac, in Nord Michigan (www.emmetcounty.org/headlands).

In Europa, valutate l'esplorazione di questi parchi:

- ✓ **Galloway Forest Park:** parco del cielo in Scozia (www.forestry.gov.uk/darkskygalloway);
- ✓ **Sark Dark Sky Island:** nelle Isole del Canale al largo della costa della Normandia, si fregia del fatto che “il solo inquinamento luminoso è un bagliore lontano dalle isole di Guernsey, di Jersey e dalla Francia” (www.socsercq.sark.gg/darkskies.html);
- ✓ **Exmoor National Park:** nel sud-ovest inglese, è stato il primo parco europeo designato dall'International Dark Sky Reserve (www.exmoor-nationalpark.gov.uk);
- ✓ **Hortobágy National Park:** parco del cielo in Ungheria (www.hnp.hu/index_en.php).

Nell'Emisfero Sud, infine, visitate:

- ✓ **Aoraki Mackenzie International Dark Sky Reserve:** un'enorme riserva nell'Isola del Sud della Nuova Zelanda che si estende su più di 4.300 km² (www.darksky.org/IDSReserves).

Quando vi godrete un parco internazionale del cielo, vi renderete conto che “a luci spente” è un'ottima cosa.

Capitolo 3

Scrutiamo la notte: meravigliosi strumenti per l'osservazione celeste

In questo capitolo

- ▶ Familiarizzare con il cielo notturno
 - ▶ Osservare a occhio nudo
 - ▶ Usare binocoli e telescopi
 - ▶ Mettere a punto un piano d'osservazione infallibile
-

Se almeno una volta vi siete fermati a guardare il cielo notturno, avete fatto dello *stargazing*: l'osservazione delle stelle e degli altri oggetti celesti. Con la sola osservazione a occhio nudo, emergono già da subito alcuni risultati interessanti, come la distinzione dei colori e delle relazioni tra gli oggetti celesti, per esempio: individuare la Stella Polare usando le “stelle di puntamento” del Grande Carro.

Passando dall'osservazione a occhio nudo a quella con l'ottica, possiamo fare un altro piccolo passo in avanti per osservare le stelle meno luminose e cogliere i dettagli degli oggetti celesti. Provate prima il binocolo, per poi passare al telescopio. A questo punto, siete già degli astronomi.

Ma sto correndo troppo. Prima di tutto guardate il cosmo con tranquillità per scorgerne la bellezza e il mistero con i vostri occhi. Gli strumenti a disposizione sono almeno tre, e uno di questi lo possedete sicuramente.



Gli occhi, un binocolo o un telescopio: ogni tipo di osservazione ha la propria finalità:

- ✓ **Pocchio umano:** ideale per guardare le meteore, le aurore boreali, una congiunzione planetaria (quando due o più pianeti sono vicini tra loro nel cielo) o una congiunzione di un pianeta con la Luna;
- ✓ **il binocolo:** è il metodo migliore per osservare le stelle variabili di una certa intensità, nel caso siano troppo lontane dalle loro stelle di riferimento (stelle di luminosità costante e nota, che si usano come riferimento per stimare l'intensità di una stella a luminosità variabile). Non serve il telescopio e il binocolo è uno strumento perfetto per scorrere la Via Lattea e vederne le nebulose brillanti e gli ammassi stellari che la punteggiano qua e là. Alcune tra le galassie più luminose – come la M31 in Andromeda, le Nubi di Magellano e la M33 nel Triangolo – si concedono al meglio proprio davanti a un binocolo;
- ✓ **il telescopio:** è necessario per osservare in modo decente la maggior parte delle galassie, per distinguere le singole componenti di una stella doppia stretta e in molte altre occasioni (una stella doppia è composta da due stelle che sembrano molto vicine; se sono realmente vicine nello spazio, formano un sistema binario di stelle).

In questo capitolo mi occuperò di questi strumenti per l'osservazione, vi offrirò una rapida guida introduttiva alla geografia del cielo notturno, e vi fornirò un'agenda utile per avvicinarvi all'astronomia in modo che in poco tempo sarete in grado di osservare il cielo con disinvoltura.

Guardiamo le stelle: introduzione alla geografia celeste

Visto dall'Emisfero Nord, il cielo sembra ruotare intorno al Polo Nord Celeste (PNC); nelle sue vicinanze si trova la Stella Polare, o Stella del

Nord, che è un ottimo riferimento per chi scruta il cielo, visto che appare sempre quasi esattamente nello stesso posto per tutta la notte (e per tutto il giorno, anche se non possiamo vederla).

Nei paragrafi che seguono vi mostrerò come familiarizzare con la Stella Polare e vi racconterò alcuni aneddoti sulle costellazioni.

Mentre la Terra gira...

La Terra gira. Il filosofo greco Eraclide Pontico affermò quest'idea nel IV secolo a.C., senza che nessuno gli credesse, però, perché la convinzione era che, se le sue teorie fossero state corrette, la gente si sarebbe sentita stordita come quando si sale su una giostra. Gli antichi faticavano a immaginare la Terra in rotazione senza la percezione degli effetti fisici che ciò avrebbe comportato. Al contrario, credevano che fosse il Sole a ruotare intorno alla Terra, un giro al giorno (non sentivano l'effetto della rotazione terrestre, così come non lo sentiamo né voi né io, perché è troppo debole per essere percepito). La dimostrazione che la Terra gira arrivò solo nel 1851, duemila anni dopo Eraclide (i ricercatori di allora non avevano forse abbastanza fondi pubblici e la ricerca procedeva lenta). La prova fu trovata grazie a un poderoso pendolo francese: una pesante palla di metallo sospesa al soffitto di una chiesa di Parigi (il Pantheon) sorretta da un filo di circa 67 metri, nota come *pendolo di Foucault*, dal nome del fisico francese che propose l'esperimento. Osservando il pendolo che oscillava avanti e indietro, si poteva constatare che la direzione del moto rispetto al pavimento cambiava gradualmente come se il pavimento stesse ruotando. E in effetti il pavimento girava davvero: ruotava solidale con la Terra.



Se non siete ancora convinti che la Terra ruoti o se, più semplicemente, vi piace andare a caccia di pendoli, ne trovate uno da 120 chilogrammi nella rotonda del Griffith Observatory, a Los Angeles (www.griffithobs.org/exhibits/brotunda.html). Mentre in Inghilterra potete visitare il pendolo di Foucault dell'Università

di Manchester

(www.mace.manchester.ac.uk/project/teaching/civil/structuralconcepts/Dynamics/pendulum/pendulum_pra3.php).

Se invece siete già persuasi della rotazione della Terra, potrete sempre verificare questa conclusione mentre guardate il Sole tramontare a ovest sorseggiando la vostra bibita preferita.

Come ho spiegato nel [Capitolo 1](#), la rotazione della Terra attorno al proprio asse fa apparire le stelle e gli altri oggetti celesti come se fossero in moto nel cielo da est verso ovest. Inoltre, il Sole si muove nel cielo durante l'anno su una curva chiamata *eclittica* (se potessimo vedere le stelle anche di giorno, noteremmo che il Sole si sposta verso ovest, rispetto alle costellazioni, giorno dopo giorno). L'eclittica è inclinata sull'equatore celeste di $23,5^\circ$, un angolo pari all'inclinazione dell'asse terrestre rispetto alla perpendicolare al suo piano di rotazione.

I pianeti, mentre si muovono nel corso dell'anno, restano vicini all'eclittica, spostandosi sistematicamente attraverso 12 costellazioni che si trovano sull'eclittica stessa. Queste costellazioni, insieme, formano lo *Zodiaco*:

Ariete, Toro, Gemelli, Cancro, Leone, Vergine, Bilancia, Scorpione, Sagittario, Capricorno, Acquario e Pesci. Gli appassionati di astrologia avranno riconosciuto nei nomi di queste costellazioni i cosiddetti segni dello Zodiaco (in realtà esiste una tredicesima costellazione che interseca l'eclittica, Ofiuco, ma nell'antichità non fu inclusa nello Zodiaco né tra i segni zodiacali).

Il calmo incedere della Terra sulla sua orbita intorno al Sole determina il mutamento dell'aspetto del cielo nel corso dell'anno (e determina anche il moto apparente del Sole sulla curva dell'eclittica: mentre la Terra si muove vediamo il Sole in direzioni diverse rispetto al cielo delle stelle fisse). Nel corso della notte, o nel corso dell'anno, le stelle non si trovano sempre nella stessa posizione rispetto all'orizzonte (fa eccezione la Stella Polare che si trova praticamente nello stesso punto ogni notte e per tutta la notte). Le costellazioni che il mese scorso, dopo il tramonto, apparivano alte nel cielo, ora sono più basse e più a ovest. E guardando le costellazioni che luccicano basse a est appena prima dell'alba, è possibile prevedere cosa si vedrà fra pochi mesi a mezzanotte.



Per seguire il moto delle costellazioni potete utilizzare le mappe stellari che trovate ogni mese nelle riviste di astronomia come *Sky & Telescope* o *Astronomy* (per maggiori informazioni sulle riviste, leggete il [Capitolo 2](#)). Anche alcuni quotidiani riportano le mappe del cielo notturno, ma in alternativa procuratevi un planisfero economico disegnato per la vostra latitudine, o anche una ruota stellare, che consiste di un disco girevole in una cornice rettangolare, con una regione tagliata per rappresentare il limite di ciò che si può vedere.

Ecco due buoni planisferi:

- ✓ *The Night Sky* di David Chandler, disponibile in cinque versioni per varie latitudini e in due diverse dimensioni. Procuratevi la versione corrispondente alla vostra latitudine e mi raccomando: meglio la versione grande;
- ✓ *Guide to the Stars* di David H. Levy, è più grande della maggior parte degli altri planisferi, è adatto per quasi tutta l'Europa e per tutte le regioni comprese tra latitudine 30° e 60° nord.

Questi planisferi si comprano sullo *Sky & Telescope Shop* (www.shopatsky.com), su *Astronomics* (www.astronomics.com), e sul negozio online dell'Astronomical League (www.astroleague.org/store/index.php). Ma si trovano anche su Amazon.com e altri siti simili.

Si può persino ordinare un planisfero da Edmund Scientifics (www.scientificsonline.com), ma considerando l'alta qualità e i costi, prima di fare questa follia vi conviene aspettare di essere talmente invasati da rispondere, se vi chiedono l'ora: "Mancano venti minuti all'Acquario!"

In ogni caso, un planisfero vi aiuterà a capire il moto delle stelle, girando il disco per vedere la posizione delle stelle nelle ore e nei giorni differenti. Ma se non vi interessa imparare queste cose e vi basta semplicemente sapere quale costellazione vi brilla sulla testa, vi conviene scaricare un planisfero

virtuale, cioè un'app per smartphone o tablet, gratuita o a poco prezzo, come quelle descritte nel [Capitolo 2](#).

...tieni d'occhio la Stella Polare

Chi non ha mai guardato il cielo stellato in una notte limpida? Il punto è: come si fa a sapere che cosa stiamo osservando? Come si fa a ritrovarlo? E che cosa si può cercare?

Per chi vive nell'Emisfero Nord, uno dei modi più tradizionali di familiarizzare con il cielo notturno è quello di concentrarsi sulla Stella Polare, il cui spostamento è trascurabile. Così, una volta identificato il Nord, ci si può facilmente orientare nel cielo del settentrione. Nel cielo meridionale, invece, occorre individuare le stelle Alfa e Beta Centauri (eventualmente aiutandosi con un planisfero dell'Emisfero Sud, un'app o una semplice mappa stellare) che sono molto brillanti e puntano dritte verso la Croce del Sud.

La Stella Polare è piuttosto facile da trovare: basta usare il Grande Carro nella costellazione dell'Ursa Major (vedi [Figura 3.1](#)). E tra le configurazioni di stelle, il Grande Carro è a sua volta una delle più facili da riconoscere. Chi vive in Europa Occidentale, negli Stati Uniti continentali, in Canada o nel Regno Unito lo può vedere ogni notte dell'anno.

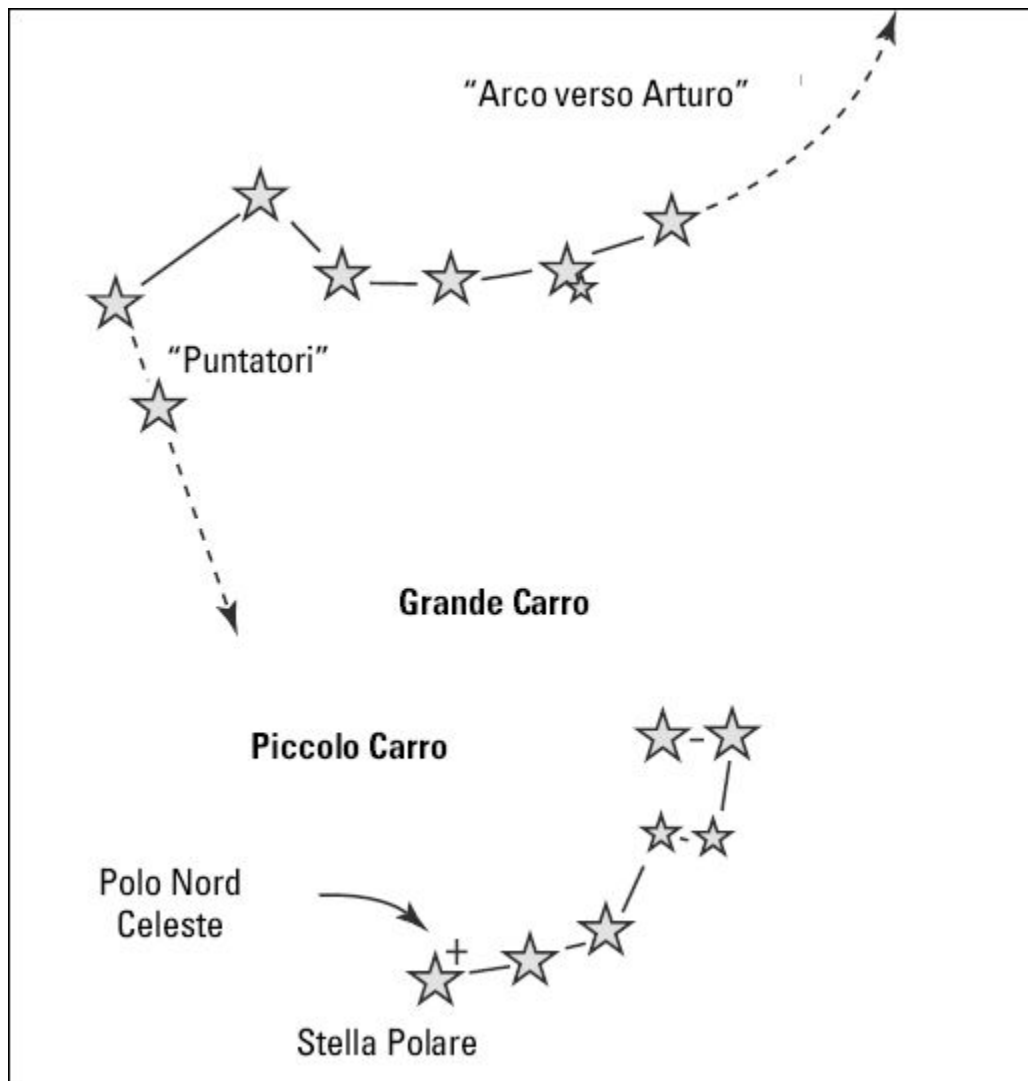


Le due stelle più brillanti del Grande Carro, Dubhe e Merak, formano la sua estremità e puntano direttamente verso la Stella Polare; inoltre, il Grande Carro aiuta anche a trovare la luminosa stella di Arturo, in Boote: basta immaginare una graduale continuazione della curva in coda al Carro, come in [Figura 3.1](#).

Alle latitudini del Regno Unito, le stelle vicine a quella polare non scendono mai sotto l'orizzonte, e si dicono stelle *circumpolari* perché sembra che ruotino intorno alla Stella Polare. Ursa Major è una costellazione circumpolare visibile da quasi tutto l'Emisfero Nord. L'area circumpolare del cielo dipende dalla latitudine: più ci si avvicina al Polo

Nord e più il cielo è circumpolare. Nell'Emisfero Sud, più si va verso il meridione, maggiore diventa la regione circumpolare. Ma se una costellazione è circumpolare nell'Emisfero Nord, non può esserlo anche nell'Emisfero Sud, e viceversa.

Figura 3.1 Il Grande Carro indica altri elementi celesti.



Orione è una costellazione caratteristica del cielo invernale notturno dell'Emisfero Nord; le tre stelle che ne compongono la cintura puntano da un lato verso Sirio nel Canis Major e dall'altro verso Aldebaran nel Toro. Orione contiene anche le stelle di prima magnitudine Betelgeuse e Rigel,

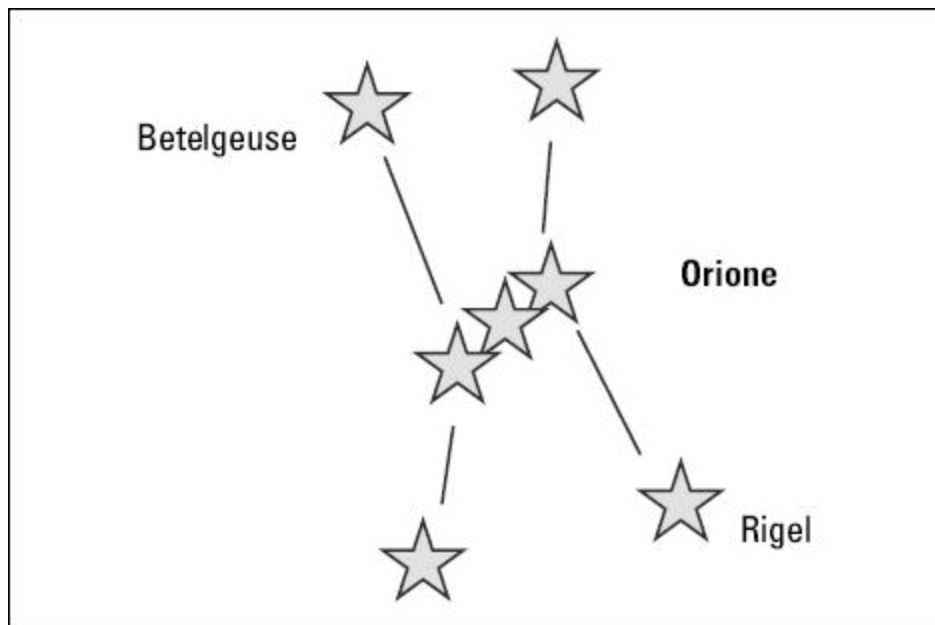
due fari brillanti del cielo (vedi [Figura 3.2](#)). Per approfondire la magnitudine consultate il [Capitolo 1](#).



Con le mappe delle costellazioni alla mano è più facile familiarizzare con il cielo notturno; potete per esempio usare quelle allegate a questo libro e sperimentarle con i vostri stessi occhi (vedi [Appendice A](#)).

Proprio come quando si prende confidenza con le strade del quartiere e ci si sposta in questo modo più velocemente, quando si impara a riconoscere le costellazioni è più semplice individuare gli oggetti celesti che vogliamo osservare. Inoltre, una buona conoscenza del cielo aiuta a seguire i moti apparenti delle stelle durante una sessione notturna.

Figura 3.2 Orione e i suoi fari brillanti, Rigel e Betelgeuse.



Cominciamo con le osservazioni a occhio nudo

Se non sapete ancora dove si trovano i punti cardinali del luogo in cui vi trovate, cominciate a familiarizzare con loro. Avete bisogno di sapere dove si trovano il nord, il sud, l'est e l'ovest. Una volta che vi siete orientati, per orientarvi tra le stelle più luminose e tra i pianeti del cielo durante le vostre osservazioni potete usare le segnalazioni settimanali del sito di *Sky & Telescope* (www.skyandtelescope.com), un planisfero, un'app di planetario per smartphone o un planetario da PC (per altri dettagli su questo tipo di risorse astronomiche leggete il [Capitolo 2](#), oppure fate qualche passo indietro in questo capitolo). Una volta riconosciute le stelle più luminose sarà facile anche trovare quelle meno intense e le figure che tutte insieme disegnano nel cielo.

La [Tabella 3.1](#) elenca alcune tra le stelle più luminose che potete vedere nel cielo di notte, insieme alle costellazioni a cui appartengono e alla loro magnitudine (la misura nella loro luminosità, come spiegato nel [Capitolo 1](#)). Molte di loro sono visibili dalle latitudini europee, mentre altre si vedono dall'Emisfero Sud, perciò tenete presente che alcune stelle che in Italia non si vedono potrebbero essere invece delle stelle di riferimento per gli australiani. Consultate il [Capitolo 11](#) per i dettagli sulla classe spettrale, che dà un'indicazione del colore e della temperatura di ogni stella (le stelle di classe spettrale B, per esempio, sono bianche e piuttosto calde, mentre le stelle M sono rosse e relativamente fredde).



Potete cominciare le vostre osservazioni consultando una mappa celeste tra quelle descritte nei capitoli precedenti e potete provare a vedere quante stelle riuscite a localizzare. Una volta individuate quelle più brillanti, passate a quelle più tenui che appartengono alla stessa costellazione. E poi non lasciatevi sfuggire i pianeti più luminosi: Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno (di cui parlerò nei [Capitoli 6, 7 e 8](#)).

Tabella 3.1 Le stelle più luminose che si vedono dalla Terra

<i>Nome comune</i>	<i>Magnitudine apparente</i>	<i>Nome nella costellazione</i>	<i>Classe spettrale</i>
Sirio	-1,5	α Canis Majoris	A
Canopus	-0,7	α Carinae	A
Rigil Kentaurus	-0,3	α Centauri	G
Arcturus	-0,04	α Bootis	K
Vega	0,03	α Lyrae	A
Capella	0,1	α Aurigae	G
Rigel	0,1	β Orionis	B
Procyon	0,4	α Canis Minoris	F
Achernar	0,5	α Eridani	B
Betelgeuse	0,5	α Orionis	M
Hadar	0,6	β Centauri	B
Acrux	0,8	α Crucis	B
Altair	0,8	α Aquilae	A
Aldebaran	0,9	α Tauri	K
Antares	1,0	α Scorpii	M
Spica	1,0	α Virginis	B
Pollux	1,1	β Geminorum	K
Fomalhaut	1,2	α Piscis Austrini	A
Deneb	1,3	α Cygni	A

In quasi tutto l’Emisfero Nord la Via Lattea appare alta nel cielo sia d’inverno sia d’estate. Se riuscite a vedere la Via Lattea come un’ampia banda vagamente luminosa che attraversa il cielo, allora siete in un buon posto per le osservazioni; quando vi appare addirittura brillante, vuol dire che siete in un luogo ottimo, da parco del cielo (come vi ho raccontato nel [Capitolo 2](#)).



Il passo fondamentale per l'osservazione a occhio nudo è schermarsi dalle luci che interferiscono. Se non riuscite a raggiungere un luogo buio nelle campagne, cercatevi un angolo scuro in cortile o meglio ancora sul tetto di un edificio. Certo non eliminerete l'inquinamento luminoso che dall'insieme delle luci della città si propaga nell'alto del cielo, ma un albero o un muro vi proteggeranno almeno dalle luci più vicine, come quelle dei lampioni. L'occhio potrà in questo modo "adattarsi" all'oscurità. Per esempio, a me è capitato di migliorare enormemente l'osservazione semplicemente girando l'angolo: nel 1996, mentre guardavo la bellissima cometa Hyakutake da una piccola cittadina nei pressi dei laghi Finger a nord di New York, la cometa diventò improvvisamente molto più brillante svoltando dietro un palazzo che mi faceva da scudo. Cercate un luogo che almeno idealmente abbia una buona vista sull'orizzonte, dove in lontananza ci siano solo alberi e bassi fabbricati: un luogo praticamente impossibile da trovare nelle vicinanze di una grande area urbana.

Cosa vuol dire luminoso?

Abbiamo già affrontato il tema della magnitudine nel [Capitolo 1](#), ma a questo punto è utile approfondire come gli astronomi definiscano i diversi tipi di magnitudine con diverse finalità:

- ✓ la **magnitudine assoluta** è la luminosità apparente di un oggetto celeste se si trovasse alla distanza di 32,6 anni luce dall'osservatore. Gli astronomi la considerano la "vera" magnitudine di un oggetto;
- ✓ la **magnitudine apparente** quantifica la luminosità di un oggetto così come si vede dalla Terra, pertanto è di solito diversa dalla magnitudine assoluta e dipende dalla distanza effettiva a cui si trova l'oggetto dal nostro pianeta. Pur avendo una magnitudine assoluta inferiore, una stella più vicina potrebbe sembrare più luminosa di un'altra che è più distante;
- ✓ la **magnitudine limite** è la magnitudine apparente della stella più tenue che riuscite a vedere nel cielo. Pertanto, dipende dalle

condizioni del cielo nel momento in cui lo state osservando: da quanto è sgombro o nitido e da quanto è scuro. Una stella molto luminosa potrebbe essere invisibile se il cielo è nuvoloso, mentre le luci della città o il bagliore della Luna piena interferiscono con l'osservazione delle stelle meno luminose, che altrimenti sarebbero visibili anche a occhio nudo. La magnitudine limite è un parametro fondamentale nell'osservazione delle meteore e dello spazio remoto. In una notte scura e pulita, la magnitudine limite allo zenit può arrivare fino al valore 6, mentre in città si riduce a 3 o 4.

In genere, le mappe stellare rappresentano graficamente la magnitudine apparente di una stella, in modo da aiutarvi a localizzarla nel cielo.



Se proprio non riuscite a trovare un posto con una vista soddisfacente sull'orizzonte in ogni direzione, sappiate che (se vi trovate nell'Emisfero Nord) l'orizzonte più importante è quello a Sud. Infatti, le osservazioni nell'Emisfero Nord si fanno soprattutto rivolti verso Sud (con l'est a sinistra e l'ovest a destra). Volgendovi a Meridione, le stelle sorgono alla vostra sinistra e tramontano a destra. Osservando dall'Emisfero Sud, procedete in maniera opposta, rivolgendovi a nord: le stelle sorgono a est, cioè alla vostra destra, e tramontano a ovest, alla vostra sinistra.



Durante le vostre osservazioni, portate sempre con voi un orologio, un quaderno e una torcia elettrica poco intensa o rossa. Una volta adattata la vista all'oscurità, l'uso della luce bianca riduce la capacità di cogliere il bagliore delle stelle meno luminose, mentre una tenue luce rossa non interferisce con la vista oculare notturna. Pertanto, comprate una torcia con una

lampadina rossa, oppure procuratevi una plastica rossa e trasparente da applicare sulla vostra normale pila bianca.

Vederci meglio con binocolo e telescopio

Come per ogni nuovo hobby, prima di acquistare strumenti costosi è meglio acquisire un po' d'esperienza e guardarsi intorno per capire cosa offre il mercato. Non comprate un telescopio prima di averne provati alcuni modelli di diverso tipo e di aver discusso dei pregi e dei difetti con altri appassionati. Nei paragrafi che seguono vi darò alcuni consigli per la scelta del binocolo e del telescopio che fanno al caso vostro.



Mi raccomando: che non vi sfiori neanche da lontano l'idea di guardare il Sole con un telescopio o un binocolo senza mettere in pratica le procedure di sicurezza e usare l'attrezzatura speciale di cui parlerò più avanti nel paragrafo "Guardare il Sole in sicurezza" e che approfondirò nel [Capitolo 10](#). In caso contrario, correte il rischio di danneggiarvi la vista in modo permanente.

Il binocolo: spazzare il cielo notturno

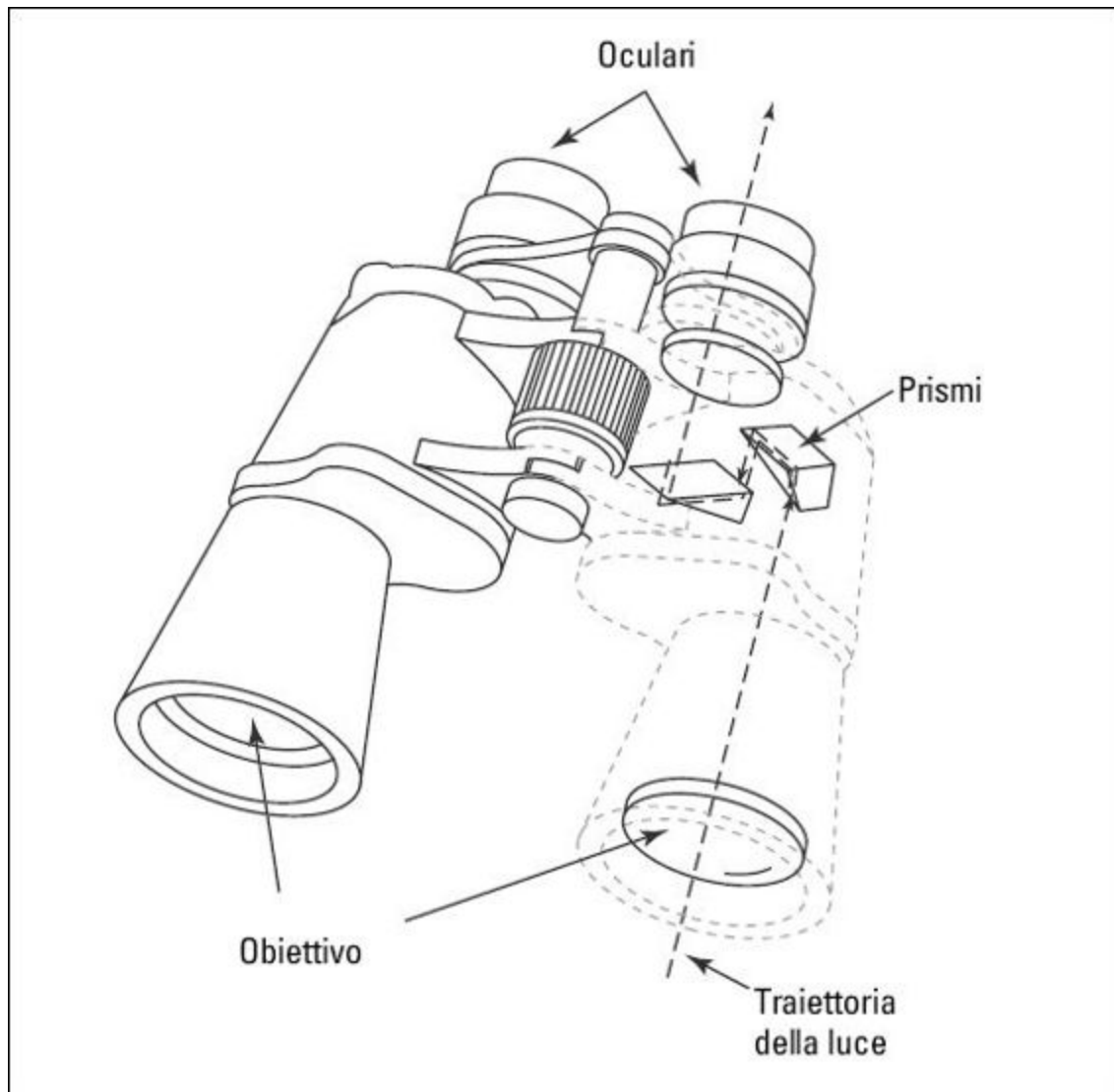
Un buon binocolo è assolutamente necessario. Per cui compratelo o fatevelo prestare, l'importante è che cominciate a usarlo per le vostre osservazioni prima di acquistare un telescopio. Il binocolo è ottimo per diversi tipi di osservazione del cielo e poi, se anche un giorno lasciate perdere l'astronomia (peccato), potreste sempre usarlo in molte altre occasioni. Ma se l'avete preso a prestito ricordate di restituirlo in tempo, prima di dare adito a malevoli sospetti...



Il binocolo è l'ideale per osservare le stelle variabili, o anche per cercare una bella cometa scintillante o una nova; in ogni caso, è sempre meraviglioso spazzare il cielo con il binocolo anche solo per puro divertimento. Quando compare una cometa luminosa, il desiderio di godere della sua contemplazione è forte, ma non c'è bisogno di scoprirla da soli, è sempre comunque un'esperienza affascinante.

Nei paragrafi che seguono descriverò le caratteristiche dei binocoli e come vengono indicate, e vi guiderò passo dopo passo nella scelta dell'acquisto che fa per voi. La [Figura 3.3](#) mostra come è fatto un binocolo nel dettaglio.

Figura 3.3 Il binocolo è come una coppia di telescopi coordinati per i vostri occhi.



Prismi, vetro e forme

Un binocolo contiene al suo interno dei prismi che deflettono la luce catturata da due grandi lenti, gli obiettivi, verso due lenti più piccole, gli oculari, ai quali si avvicinano gli occhi. Questa costruzione rende possibile il raccordo tra gli oculari e gli obiettivi. Gli oculari, infatti, non possono essere tra loro più lontani della distanza tra i vostri occhi, altrimenti non si potrebbe guardare attraverso con entrambi gli occhi contemporaneamente. Gli obiettivi, invece, sono più grandi degli occhi e così occorre che siano più distanti tra loro: ne risulta che la traiettoria della luce tra oculare e obiettivo non può essere retta: occorre deviarla.

Ci sono due tipologie di prismi per binocolo:

- ✓ **i prismi a tetto**, presenti nei binocoli relativamente stretti e dritti, particolarmente apprezzati dai *birdwatcher*;
- ✓ **i prismi di Porro**, usati dai binocoli larghi e corti. Sono i migliori per lo *stargazing* perché, a parità di grandezza delle lenti, offrono immagini più luminose. Inoltre, i binocoli più larghi di questo tipo sono anche più semplici da tenere fermi.

Venendo al tipo di vetro, i due principali che si utilizzano sono:

- ✓ **il vetro BK-7**, termine commerciale per indicare un vetro borosilicato piuttosto comune, usato spesso per i binocoli più economici;
- ✓ **il vetro BaK-4**, un vetro crown drogato al bario, usato nei migliori binocoli per ottenere immagini più brillanti di oggetti astronomici tenui.

I numeri di un binocolo

In commercio ci sono binocoli di svariate dimensioni e tipologie, ma per convenzione sono tutti descritti da due numeri separati da un segno ×, per esempio: 7×35, 7×50, 16×50, 11×80 e così via. I due numeri indicano rispettivamente:

- ✓ la potenza d'ingrandimento ottico. Due binocoli 7×35 o 7×50 ingrandiscono entrambi un oggetto di sette volte rispetto all'osservazione a occhio nudo;
- ✓ **l'apertura**, in altre parole il diametro espresso in millimetri delle lenti obiettive, cioè le grandi lenti che raccolgono la luce. Perciò, due binocoli 7×35 e 7×50 hanno lo stesso ingrandimento, ma quello 7×50 ha lenti più larghe che raccolgono una maggiore quantità di luce, e permettono di osservare stelle più deboli rispetto a quello 7×35.

Tenete presente anche queste altre considerazioni:

- ✓ un binocolo grande mostra le stelle più tenui meglio di uno piccolo, però è più pesante e più faticoso da mantenere fermo in posizione mentre lo si punta verso le stelle;
- ✓ i binocoli ad alto potere d'ingrandimento, come un 10×50 o un 16×50, mostrano gli oggetti con grande chiarezza, ma solo se si mantengono abbastanza fermi e, in ogni caso, hanno un campo visivo più stretto, che rende più difficile, rispetto a un binocolo meno potente, trovare gli oggetti celesti che cercate
- ✓ i modelli grossi – 11×80, 20×80 o anche di più – sono pesanti e difficili da manovrare e tenere fermi, così molte persone non riescono a usarli senza un treppiede o qualche supporto fisso, che diventa indispensabile per quelli davvero giganti come il 40×150;
- ✓ tenete presente che esistono anche moltissime altre dimensioni intermedie, per esempio 8×40 o 9×56.



La mia opinione è che il 7×50 sia la soluzione migliore per la maggior parte delle necessità astronomiche e costituisce quindi un'ottima scelta per cominciare. Se invece optate per un binocolo molto più piccolo del 7×50, si tratta di un'attrezzatura più adatta al birdwatching che all'astronomia. La maggior parte degli astronomi maneggia un binocolo 7×50 senza treppiede o altro supporto, anche se alcuni di essi hanno bisogno di appoggiarsi, per tenerlo fermo.

Acquistare un binocolo molto più grande del 7×50 rischia di essere una spesa costosa ma poco utile.

Come assicurarsi che il proprio binocolo sia adatto allo scopo

Innanzitutto, comprate un binocolo solo se il venditore vi consente un periodo di prova. Le prove di base per capire se un binocolo merita di non essere restituito sono:

- ✓ guardando il cielo stellato, l'immagine deve essere nitida all'interno di tutto il campo visivo;
- ✓ la messa a fuoco deve essere facile e permettere una regolazione separata per almeno uno degli oculari, cioè le lenti piccole a cui si avvicinano gli occhi;
- ✓ la messa a fuoco deve anche cambiare in modo graduale: le immagini delle stelle devono presentarsi come dei punti ben definiti solo se l'inquadratura è a fuoco, mentre se è fuori fuoco anche di poco appariranno come dei dischetti;
- ✓ in molti modelli le lenti obiettive, cioè quelle grandi, sono trattate con rivestimenti trasparenti speciali detti *multistrato* che offrono una vista più chiara e contrastata. I binocoli a multistrato totale, cioè applicato a tutte le lenti e anche ai prismi, costituiscono un modello di fascia ancora superiore.



Durante un'osservazione al binocolo, alcuni degli astronomi che portano gli occhiali li tengono, il che offre il vantaggio di poter prendere appunti o di leggere una mappa più comodamente; altri invece, tra i quali anch'io, preferiscono toglierli. La scelta del binocolo giusto dipende anche da questa preferenza, e vi spiego perché.

Se preferite tenere sempre gli occhiali, scegliete un binocolo che abbia una sufficiente estensione del campo visivo posteriore dell'oculare, spesso indicata con il termine inglese *eye-relief*, che è la distanza, espressa in millimetri, tra la superficie esterna dell'oculare e il punto focale, dove il binocolo focalizza l'immagine. Se l'occhio si trova oltre tale distanza rispetto all'oculare, il campo visivo effettivo del binocolo si riduce, cosa che accade puntualmente se lo spessore dei vostri occhiali allontana troppo l'occhio rispetto all'estensione del telescopio. Il mio consiglio è di ignorare le rassicurazioni del venditore o le indicazioni del costruttore sull'estensione posteriore del campo visivo, e di testare il binocolo che state valutando con un semplice prova:

1. togliete gli occhiali e focalizzate il binocolo su un campo lontano almeno un isolato o nel cielo.

Prestate attenzione a quanta parte del campo reale è in vista;

2. rimettete gli occhiali.

Se gli oculari sono dotati di conchiglie paraluce retraibili in gomma, piegatele in modo da avvicinare gli occhi agli oculari mentre indossate gli occhiali;

3. focalizzate il binocolo sullo stesso punto di prima.

Se il campo visivo si è ridotto, il binocolo non ha una sufficiente estensione del campo.



Per acquistare binocoli di buona qualità è meglio rivolgersi ai negozi di ottica e a quelli specializzati in strumenti scientifici, ma anche i maggiori punti vendita di fotografia offrono una discreta scelta. Al contrario, sconsiglio vivamente gli ipermercati, dove si trovano di solito quelli di bassa qualità e quelli di marca sono venduti a prezzi troppo alti. Inoltre, di sicuro i commessi ne sanno meno di voi.

Il prezzo di un buon binocolo da 7×50 può oscillare dalle centinaia di euro fino a qualche migliaio, ma le occasioni non mancano e si può scendere anche sotto i cento euro, cercando un po' più attentamente, magari bazzicando posti particolari come un banco dei pegni, uno spaccio di fondi di magazzino o qualche bottega di attrezzature militari dismesse. Un binocolo usato è spesso un buon affare, ma prima di comprarlo provatelo, potrebbe essere parecchio scalibrato.

Molti astronomi comprano i propri binocoli da rivenditori specializzati o dai produttori che si fanno pubblicità sulle riviste di astronomia (i suggerimenti in proposito sono al [Capitolo 2](#)). Se dovete ordinare per posta o via Web, per prendere informazioni sul venditore chiedete consiglio a qualche amatore già esperto, che frequenta l'associazione astronomica più vicina, o al personale di un planetario.

Tra i produttori di binocoli più rinomati ci sono Bushnell, Canon, Celestron, Fujinon, Meade, Nikon, Orion, Pentax e Vixen. I modelli d'alta gamma di Canon e Nikon possiedono uno stabilizzatore d'immagine, un dispositivo high-tech che rende l'immagine molto più ferma e risulta assai utile su una nave, ma talvolta anche a terra.

Telescopi: quando la vicinanza conta

Per osservare i crateri della Luna, gli anelli di Saturno o la Grande Macchia Rossa di Giove (descritti nella [Parte II](#)) avete bisogno di un telescopio; e lo stesso vale per le stelle variabili meno luminose, per quasi tutte le galassie e per quelle deliziose nuvole luccicanti note con il nome di *nebulose planetarie*, ma che con i pianeti non hanno nulla a che vedere (vedi [Capitoli 11 e 12](#)).



Voglio raccomandarmi ancora: prima di guardare il Sole o un qualsiasi oggetto davanti a esso, per proteggervi gli occhi ed evitare di diventare ciechi o di riportare danni permanenti, leggete le istruzioni riportate nel [Capitolo 10](#).

I paragrafi che seguono tratteranno della classificazione dei telescopi e delle loro montature, fornendo i giusti consigli per trovare il telescopio più adatto ai vostri scopi.

Classificazione dei telescopi

Esistono tre tipi principali di telescopi:

- ✓ i *rifrattori*, che per raccogliere e focalizzare la luce utilizzano *lenti*, come mostra la [Figura 3.4](#). Sono i più diffusi, specialmente nella pratica amatoriale;
- ✓ i *riflettori*, che per raccogliere e focalizzare la luce usano *specchi*, come illustra la [Figura 3.5](#). I riflettori si dividono a loro volta in differenti modelli, tra cui:

- i riflettori *newtoniani*, con l'oculare perpendicolare all'asse del telescopio;
 - i telescopi *Cassegrain*, con l'oculare al fondo del tubo ottico;
 - i riflettori *Dobson*, che a parità di costo offrono una maggiore apertura, cioè una migliore capacità di raccogliere la luce. Ma per usarli è in genere necessario salire su uno sgabello o una scala: un telescopio Dobson è infatti più ingombrante degli altri telescopi amatoriali, e l'oculare è vicino all'estremità superiore;
- ✓ gli *Schmidt-Cassegrain* e i *Maksutov-Cassegrain* fanno uso sia di specchi sia di lenti e, a parità di apertura, sono più costosi dei riflettori puri.

Questa classificazione, a dire il vero, si complica ulteriormente e comprende vari sottotipi e sottoclassi disponibili in un'ampia gamma di modelli. In ogni caso, ogni telescopio amatoriale possiede un *oculare*, cioè una lente speciale, o meglio, una combinazione di lenti montate insieme come fossero una sola, che ingrandisce l'immagine focalizzata. Quando si scattano delle fotografie, generalmente si rimuove l'oculare sostituendolo con la macchina fotografica.

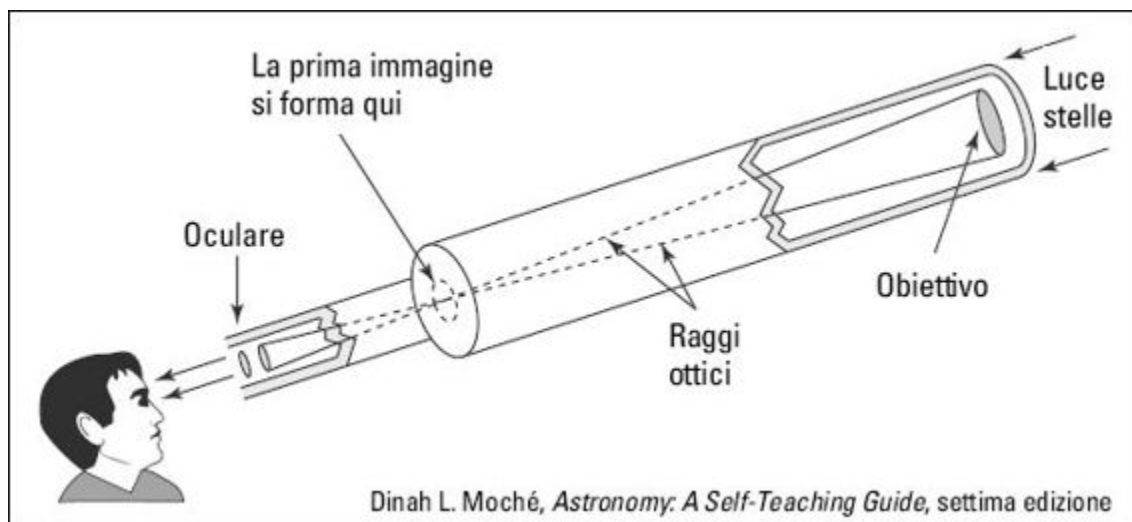
Quasi tutti i telescopi utilizzano oculari intercambiabili, proprio come avviene con gli obiettivi di un microscopio o di una macchina fotografica. Esistono aziende specializzate nella produzione di oculari adatti a differenti telescopi.



I principianti tendono ad acquistare l'oculare con il maggiore ingrandimento possibile, che è in realtà un ottimo metodo per sperperare i soldi: raccomando oculari con un potere d'ingrandimento medio o basso, dal momento che maggiore è l'ingrandimento, minore è il campo di vista, il che rende complicato seguire gli oggetti poco luminosi e talvolta anche quelli più brillanti. I telescopi di piccole dimensioni lavorano bene con oculari che ingrandiscono 25× o 50×, non 200× o maggiori (il simbolo × indica il numero di volte per cui si

moltiplica quello che vedreste a occhio nudo). La pubblicità che vanta un telescopio “ad alta potenza” è ingannevole, e questa espressione è usata spesso da soggetti che vogliono vendere strumenti mediocri a compratori inconsapevoli; per lo stesso motivo, se vi imbattete in un commesso che insiste sul grande potere d’ingrandimento di un telescopio, rivolgetevi subito a un altro negozio.

Figura 3.4 Un telescopio rifrattore, per raccogliere e focalizzare la luce, usa le lenti.



Calcolate l’ingrandimento del vostro oculare

Gli oculari si identificano di solito con la lunghezza focale espressa in millimetri; il potere d’ingrandimento non dipende solo dall’oculare, ma dalla sua combinazione con il telescopio su cui si monta. Conoscendo la lunghezza focale del telescopio, si calcola il potere d’ingrandimento raggiungibile con un particolare oculare. Per il calcolo

dell'ingrandimento della vostra coppia telescopio-oculare seguite questi passaggi:

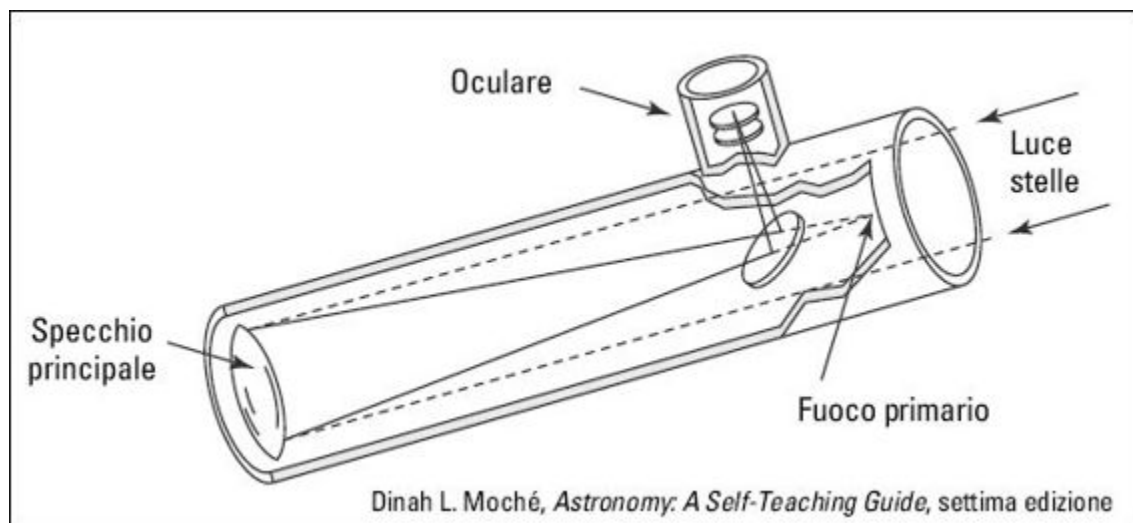
1. determinate la focale del telescopio.

Se conoscete già la focale del telescopio, annotatela e passate al secondo punto. Altrimenti, per calcolarla moltiplicate il numero che segue il segno f /indicato sul telescopio, per esempio $f/5,6$ o $f/8$, per il diametro della lente o dello specchio principale. Quindi, se il diametro vale 150 mm e il telescopio riporta $f/8$, la lunghezza focale è $150 \times 8 = 1.200$ mm;

2. dividete la focale del telescopio per la lunghezza focale dell'oculare.

Se la focale del telescopio vale 1.200 mm e quella dell'oculare è 25 mm, l'oculare garantisce un potere d'ingrandimento di circa 48 volte ($1.200/25=48$).

Figura 3.5 Il fisico inglese Isaac Newton inventò il riflettore, che usa alcuni specchi per raccogliere e focalizzare la luce.



Con un telescopio di piccole dimensioni, l'osservazione, specialmente dei dettagli più minuziosi, non è limitata dal potere

d'ingrandimento dell'oculare, ma dalla turbolenza dell'aria (che crea anche l'apparente tremolio delle stelle) e da qualsiasi vibrazione del telescopio stesso.

Colorate l'universo

Quando osservate gli oggetti celesti al telescopio o con il binocolo, stelle e pianeti non appaiono con i colori brillanti delle foto che si vede in giro e che sono incluse anche in questo libro. La maggior parte delle stelle si vedono con colori pallidi. Le osservazioni a occhio nudo, con un telescopio o un binocolo mostrano stelle bianche, o meglio biancastre, e giallastre più che gialle. I colori si ravvivano un po' di più se individuate due stelle vicine con colori contrastanti, per esempio durante le osservazioni al telescopio di alcune stelle doppie. Le foto degli oggetti stellari sono invece per lo più ritoccate o, come si diceva una volta, sono in *falso colore*. Gli astronomi non usano il falso colore per abbellire l'universo, che è già magnifico così com'è, né hanno l'obiettivo di costruire impressioni false dello spazio remoto. Al contrario, l'aumento dei contrasti aiuta a cogliere meglio lo stato delle cose, amplificando le differenze e le relazioni fisiche. A seconda del metodo di osservazione e delle tecniche di presentazione, le foto di un medesimo oggetto possono risultare incredibilmente diverse, ma ognuna dà qualche informazione agli scienziati sulla struttura fisica dell'oggetto, su quali sostanze lo compongano e sui processi dinamici che vi hanno luogo. Infine, molte immagini sono prese tramite una luce invisibile all'occhio umano, come l'ultravioletto, l'infrarosso o i raggi X, e in questo caso gli astronomi usano il falso colore in assenza dei colori propriamente detti.

Le montature dei telescopi

Di solito i telescopi sono montati su un supporto, un treppiede o un'asta attraverso due metodi fondamentali:

- ✓ la montatura *altazimutale*, con cui si può puntare il telescopio girandolo nelle direzioni su, giù, destra e sinistra, cioè in elevazione (piano verticale) e azimut (piano orizzontale). Mentre la Terra ruota, è perciò necessario riposizionare il telescopio su entrambi gli assi. Questa montatura è impiegata in tutti i telescopi di Dobson;
- ✓ La montatura *equatoriale*, più costosa, che permette di manovrare un unico asse, prima per il puntamento direttamente verso il Polo Nord Celeste (o quello Sud, per l'Emisfero Australe) e poi, durante l'osservazione, per la sola rotazione del telescopio attorno all'asse polare. Con questo sistema, però, per ogni sessione osservativa occorre puntare di nuovo lo strumento.

La montatura altazimutale è la più ferma, perciò è sicuramente più facile da manovrare per un principiante, ma quella equatoriale è di gran lunga superiore per seguire le stelle mentre sorgono e tramontano.

In ogni caso, se si dispone di un controllo elettronico del puntamento, le due montature sono equivalenti per ricercare gli oggetti, visto che è il computer a occuparsi di seguire il moto degli astri.

Al contrario di quanto avviene con il binocolo, di solito gli oggetti al telescopio si vedono rovesciati, ma questo non fa molta differenza per l'osservazione, sappiate solo che alto e basso sono invertiti. Esistono delle lenti che eliminano questo piccolo inconveniente e sono in grado di ripristinare le direzioni corrette, ma sappiate che riducono la quantità di luce che entra nel telescopio, affievolendo le immagini: le sconsiglio vivamente.

Se usate una montatura equatoriale, un campo stellare mantiene lo stesso orientamento dal momento in cui sorge fino al tramonto, mentre con quella altazimutale il campo ruota durante la notte: le stelle in alto si sposteranno verso un lato e le altre nel modo corrispondente.

Come acquistare un telescopio con oculutezza e risparmio



Se optate per un telescopio economico destinato a un'utenza generica, chiamiamolo pure un telescopio da ipermercato, state certamente buttando via i vostri quattrini e, in ogni caso, avrete speso qualche centinaio di euro. Un buon telescopio, nuovo, costa invece qualche centinaia di euro e anche un migliaio e più. Ma ci sono delle alternative da prendere in considerazione:

- ✓ i telescopi usati che si trovano facilmente tramite gli annunci sulle riviste astronomiche o le pubblicazioni e le bacheche delle associazioni. L'importante è avere la possibilità di provarlo prima e, se lo trovate di vostro gradimento, compratelo! Un telescopio ben tenuto dura senza problemi per decenni;
- ✓ in molti posti gli hobbisti possono riunirsi per condurre le osservazioni usando telescopi più grandi messi a disposizione dalle associazioni, dai planetari o dagli osservatori aperti al pubblico.

La tecnologia dei telescopi amatoriali fa passi da gigante e quello che ieri per gli appassionati era un sogno, magari oggi è già uno strumento obsoleto. Le caratteristiche tecniche, la qualità e le possibilità sono in costante potenziamento a prezzi ragionevoli, forse anche per via della competizione tra diversi produttori.

Di solito, a parità di apertura e dimensioni, un telescopio rifrattore offre una vista migliore rispetto a un riflettore. L'apertura si riferisce al diametro della lente principale, oppure dello specchio primario, altrimenti, nei telescopi più complessi, alla lunghezza della parte libera tra le ottiche. Ovviamente, un buon rifrattore costa più di un riflettore.



I Maksutov-Cassegrain e gli Schmidt-Cassegrain sono un ottimo compromesso tra un riflettore economico e un rifrattore più

performante ma costoso; sono i modelli preferiti di molti astronomi.

Osservare il Sole in sicurezza

Uno sguardo al Sole con un binocolo, un telescopio o qualsiasi altro strumento ottico, anche se veloce, può essere davvero pericoloso per la vista se è fatto senza un opportuno e specifico filtro realizzato da un produttore affidabile, che va installato sul telescopio in modo appropriato e mai improvvisato.

Ma non solo. Un filtro è necessario anche per l'osservazione di Mercurio quando attraversa il disco solare (approfondirò la questione nel [Capitolo 6](#)) e, in generale, osservare un oggetto controsolare richiede sempre l'uso delle protezioni, visto che il Sole è presente nel nostro campo visivo. Se possedete un riflettore newtoniano o di Dobson, oppure un rifrattore, potete procedere usando la corretta protezione: per approfondire i dettagli consultate il [Capitolo 10](#), in modo da condurre le vostre osservazioni solari senza alcun pericolo per gli occhi.

L'importanza di una buona visibilità

La nitidezza di un'osservazione del cielo stellato può essere compromessa soprattutto dalla turbolenza dell'aria che fa apparire le stelle tremolanti. Pertanto la qualità dell'osservazione deve tenere conto delle condizioni atmosferiche anche rispetto alla nitidezza; una *buona visibilità* si riferisce a condizioni dell'aria stabili e di conseguenza a immagini ferme. Una buona visibilità si ha spesso a notte fonda, quando il calore diurno si è completamente dissipato. Viceversa, con una cattiva visibilità l'immagine tende a "rompersi", le stelle doppie si sfocano sembrando una sola e gli astri tremolano maggiormente vicino all'orizzonte, dove si ha una peggiore visibilità.

A occhio nudo, i pianeti Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno di solito non tremolano; d'altronde non appaiono puntiformi come le

stelle, ma si presentano come dischi. Ogni disco si compone di molti punti luce singoli: individualmente i punti tremolano, ma la media delle variazioni rende la luminosità del pianeta uniforme e stabile.

Anche il calore del telescopio stesso, quando viene portato dal caldo dell'abitazione all'esterno, nel freddo della sera, comporta un peggioramento di visibilità: per migliorare l'osservazione basta attendere che il telescopio si raffreddi. Naturalmente, le situazioni sono variabili, ma in genere una mezz'ora d'attesa basta a garantire un notevole miglioramento della visibilità.

Tra i piccoli telescopi, uno dei migliori è il Meade ETX-90. Si tratta di un Maksutov-Cassegrain da 90 mm di apertura, tra le più piccole con cui cominciare (ma se trovate a un prezzo interessante un buono strumento con un'apertura da 60 mm in su, specialmente se è un rifrattore, valutatene l'acquisto). Ha un prezzo che si aggira sui 300 euro, comprensivo del controllo software Autostar e di treppiede. Lo strumento si punta automaticamente verso ogni oggetto che gli indicate o quasi, se è visibile in quel momento alla vostra latitudine. Grazie al suo archivio, il software Autostar è in grado di rilevare anche gli oggetti in moto come i pianeti ed è programmato per offrire un tour tra le migliori viste del cielo, selezionate anche senza un vostro diretto comando.

Il Celestron SkyProdigy 90 è un buon concorrente dell'ETX-90: simile per dimensioni e strumentazione, è dotato di puntamento automatico, raggiunto il quale si indirizza verso qualsiasi oggetto voi selezionate. Costa sui 500 euro.

Di certo sarete disposti a sborsare delle simili cifre solo dopo avere provato gli strumenti, magari durante una riunione di osservazione organizzata dal vostro club (vedi il [Capitolo 2](#)), ma tutto sommato si tratta di costi vicini a quelli di una buona macchina fotografica o di uno o due dei suoi obiettivi accessori. Esistono anche telescopi più grandi che si trovano a un prezzo inferiore, magari spulciando le inserzioni sulle riviste di astronomia, ma tenete presente che richiedono anche un maggiore investimento di tempo per imparare a usarli in modo efficace.

Ci sono poi telescopi di marca che sono commercializzati tramite venditori autorizzati che sanno elargire consigli da veri esperti, ma valutateli sempre con un po' di buonsenso. Per reperire le informazioni tecniche di alcuni telescopi in commercio suggerisco di consultare questi siti:

- ✓ Celestron, che per anni è stato il produttore preferito da migliaia di astronomi (www.celestron.com);
- ✓ Meade Instruments Corporation (www.meade.com);
- ✓ Orion Telescopes & Binoculars (www.telescope.com).



Su questi siti troverete i manuali tecnici e d'uso di molti prodotti che potrete sfogliare prima dell'acquisto e che vi assicurano di avere un'assistenza in caso di problemi durante l'utilizzo.

I telescopi che vi ho indicato sono distribuiti in tutto il mondo, perciò non avrete difficoltà a trovare un rivenditore autorizzato anche in Europa.

Come programmare i primi passi nell'astronomia



Il mio consiglio è quello di accostarvi gradualmente all'astronomia, investendo il minimo necessario finché non sarete certi di quello che volete realmente. Ecco qualche suggerimento per acquisire le abilità e l'attrezzatura di base:

- 1. Se avete un buon computer, procuratevi un planetario virtuale gratuito o poco costoso. Meglio ancora, se avete uno smartphone, scaricate e usate un'app planetario (anche in questo caso ce ne sono di gratuite e di poco costose, come abbiamo spiegato nel [Capitolo](#)**

2). Cominciate con le osservazioni a occhio nudo nelle notti più limpide, magari prima dell'alba, se vi svegliate presto.

È sempre importante pianificare le osservazioni di pianeti e costellazioni. Potete farlo con l'aiuto dell'apposita rubrica settimanale sul sito www.skyandtelescope.com, oppure delle indicazioni di riviste come *Astronomy* o *Sky & Telescope*.

2. Dopo un paio di mesi di pratica per familiarizzare con il cielo orientatevi su un binocolo 7×50.

3. Se decidete di continuare a osservare stelle e costellazioni, comprate un atlante stellare che vi indichi le numerosissime stelle minori, gli ammassi stellari e le nebulose.

Una buona scelta è *Sky & Telescope's Pocket Star Atlas*, di Roger W. Sinnott (Sky & Telescope Media, 2006). Confrontando le costellazioni che vedete con le indicazioni dell'atlante, che riporta anche l'ascensione detta RA e la declinazione Dec (vedi [Capitolo 1](#)), prenderete confidenza anche con il sistema delle coordinate celesti.

4. Se possibile, iscrivetevi a un club astronomico vicino a dove state e frequentate gente che sa usare un telescopio (nel [Capitolo 2](#) trovate gli approfondimenti sui club).

5. Se l'astronomia continua ad appassionarvi, e ci scommetto, comprate un buon telescopio, di qualità, con un'apertura compresa tra 600 e 1.000 mm.

Visitate i siti dei produttori di telescopi che vi ho indicato precedentemente in questo capitolo oppure procuratevi i cataloghi dei telescopi pubblicizzati sulle riviste di astronomia. Meglio ancora, parlatene con i soci esperti di un club astronomico, che oltre a consigliarvi sui telescopi, vi sapranno indicare dove comprarne uno nuovo o se qualcuno ne ha in vendita uno usato.

Se l'astronomia diventasse la vostra grande passione, nel giro di un paio d'anni valutate se passare a un telescopio da 1.500 o 2.000 mm: è più complesso da usare, ma ormai avrete acquisito un'esperienza sufficiente e potrete vedere molte più stelle e altri oggetti. Per farvi un'idea sul nuovo telescopio potrete di nuovo chiedere a un astronomo più esperto, oppure

frequentare le feste delle stelle (vedi [Capitolo 2](#)) dove ne vedrete molti e di diversi tipi.

Capitolo 4

Solo di passaggio: meteore, comete e satelliti artificiali

In questo capitolo

- ▶ Un chiarimento su meteore, meteoroidi e meteoriti
- ▶ Seguire la chioma e la coda di una cometa
- ▶ Individuare i satelliti artificiali

Chissà quante volte vi sarà capitato di vedere un oggetto in volo nel cielo diurno. In questo caso non è difficile distinguere un uccello, un aereo o Superman. Nel cielo notturno, invece, come si fa a distinguere una meteora da un lampo di luce riflesso da un satellite Iridium? E tra gli oggetti che si muovono lentamente, ma in modo significativo, attraverso le stelle, come si fa a riconoscere un asteroide da una cometa?

Questo capitolo definisce e spiega i diversi oggetti che spazzano il cielo notturno (anche il Sole, la Luna e i pianeti si muovono attraverso il cielo, ma con un incedere più costante. Ne parlerò dettagliatamente nelle [Parti II e III](#)). Una volta imparato a identificare questi viandanti notturni, vi potrete divertire a cercarli nel cielo.

Le meteore: desideri espressi di fronte a una stella cadente

Meteora è certamente il termine astronomico usato più impropriamente: anche gli astronomi amatoriali e a volte persino gli scienziati lo usano liberamente anche nei casi in cui il termine preciso sarebbe *meteorite* o *meteoroidi*.

In modo più corretto:

- ✓ una *meteora* è il lampo di luce che si produce quando un oggetto naturale piccolo e solido (un meteoroidi) entra nell'atmosfera terrestre dallo spazio esterno; le meteore sono note anche con il nome popolare di "stelle cadenti";
- ✓ un *meteoroidi* è un piccolo oggetto solido dello spazio in orbita intorno al Sole, di solito un frammento di un asteroide o di una cometa. Più raramente, i meteoroidi sono costituiti da rocce provenienti da Marte o dalla Luna;
- ✓ un *meteorite* è un oggetto solido caduto dallo spazio sulla superficie terrestre: ogni giorno cadono sul nostro pianeta quasi 100 tonnellate di materiale meteoritico e, secondo certe stime, anche di più.

Quando un meteoroidi entra nell'atmosfera terrestre può produrre una meteora abbastanza brillante da essere visibile. Il meteoroidi diventa un meteorite se è abbastanza grande da raggiungere il suolo, invece di disintegrarsi completamente in volo; per il loro grande valore presso scienziati e collezionisti, sono molte le persone che vanno a caccia di meteoriti e li raccolgono.

I meteoroidi si dividono in due grandi famiglie, localizzate in parti diverse del cosmo e con origini differenti:

- ✓ i *meteoroidi cometari*, che sono particelle soffici composte dalla polvere lasciata dalle comete;
- ✓ i *meteoroidi asteroidali*, con una grandezza variabile che va da una particella microscopica fino a un grosso sasso. Letteralmente sono delle schegge di asteroide – dette anche pianeti minori – che consistono in corpi rocciosi orbitanti attorno al Sole, e che sono descritti più dettagliatamente nel [Capitolo 7](#).

I meteoriti in mostra nei musei delle scienze naturali sono tutti meteoroidi asteroidali caduti sulla Terra (in casi più rari sono massi caduti nel campo gravitazionale terrestre dopo essere stati scagliati via dalla superficie della Luna o di Marte in seguito a un poderoso impatto con qualche oggetto spaziale). Sono composti di roccia, ferro (più propriamente si tratta di una lega quasi inossidabile di nichel e ferro) o entrambi. Con molta semplicità (una volta tanto), gli scienziati hanno dato loro il nome di *meteoroidi rocciosi, ferrosi e ferro-rocciosi* a seconda della composizione.

Polvere di stelle

Quando un astronomo trova un *micrometeorite*, cioè un meteorite così piccolo che per guardarlo serve un microscopio, può trattarsi di una particella appartenuta a un meteoroido cometario o a un piccolo meteoroido asteroidale.

I micrometeoriti sono talmente piccoli – e la loro frizione nell’aria così minima – che cadendo nell’atmosfera non riescono a bruciare completamente e piovono lentamente fino al suolo. Ci sono buone possibilità che in questo preciso momento abbiate tra i capelli un paio di frammenti di questa polvere spaziale, quasi impossibile da identificare tra i milioni di altre particelle microscopiche che si trovano sulla vostra testa (senza offesa).

Gli scienziati raccolgono i campioni di micrometeoriti con degli appositi piatti di raccolta ultrapuliti che volano su aerei ad alta quota, oppure usano delle specie di draghe magnetiche per catturare i micrometeoriti ferrosi nella fanghiglia dei fondali marini.

Il 2 gennaio 2004, la sonda spaziale della NASA Stardust volò vicino alla cometa Wild-2, che attraversa l’orbita di Marte una volta ogni sei anni circa e che è pertanto facilmente raggiungibile, raccogliendone un po’ di polvere. La sonda terminò la sua “folle corsa” espellendo una capsula con il campione raccolto di polveri, paracadutata sullo Utah il 15 gennaio 2006. Un gruppo di 200 scienziati analizzò quelle minuscole particelle scoprendo che alcuni granelli provenivano da altre stelle, ma la maggior parte di esse si erano formate nei pressi del Sole, così vicino che, secondo lo scienziato del progetto Stardust Donald Brownlee: “La

temperatura era sufficiente a fare evaporare anche i mattoni.” La sonda, ribattezzata Stardust-NeXT, continuò poi il suo viaggio e riuscì a fotografare la cometa Tempel 1 il giorno di San Valentino del 2011. Potrete ammirare queste fotografie sulla pagina web: http://stardustnext.jpl.nasa.gov/multimedia/tempel1_images.html.

Nei paragrafi che seguono vedremo tre diversi tipi di meteore: le *sporadiche*, le *palle di fuoco* e i *bolidi*. E ci saranno notizie sconvolgenti sulle tempeste di meteore.



Se visitate la sezione “Meteore” del sito della British Astronomical Association (www.britastro.org/meteor) troverete informazioni complete e attendibili sul modo corretto di osservare e registrare i passaggi meteoritici e su come segnalarli. Un’altra ottima risorsa è il North American Meteor Network (www.namnmeteors.org), che offre una guida per principianti sull’osservazione delle meteore, insieme ad appositi moduli per riferire i vostri conteggi di meteoriti e le osservazioni di palle di fuoco. E visto che siete connessi alla Rete, date un occhio anche all’International Meteor Organization (www.imo.net).

Come riconoscere le meteore sporadiche, le palle di fuoco e i bolidi

Se siete all’aperto in una notte scura e vedete una stella cadente, cioè il lampo di un meteoroido in caduta casuale, è probabile che vi siate imbattuti in una *meteora sporadica*. Se invece vi appaiono molte meteore che sembrano nascere tutte da uno stesso punto nel cielo, state vedendo uno *sciame meteorico* o addirittura una *tempesta meteorica*, uno degli spettacoli più entusiasmanti del cielo, a cui è dedicato il prossimo paragrafo.

Una meteora incredibilmente luminosa si chiama *palla di fuoco* o *fireball*: non esiste una definizione precisa, ma molti astronomi annoverano tra queste le meteore che superano Venere in luminosità. Ma se Venere non è visibile nel momento dell'osservazione, come decidere se si tratta di una palla di fuoco o meno?



La mia regola per identificare le palle di fuoco è questa: se un gruppo di persone sta osservando il cielo e vede una meteora, un coro di “Ooh!” e di “Aah!” segnala che si tratta di una meteora e basta, magari molto luminosa. Ma se ci sono persone che anche se non stanno guardando il cielo vedono all'improvviso un bagliore provenire dal cielo o sul suolo intorno a loro, allora ci siamo: è una palla di fuoco. Per dirla alla Dean Martin, quando la meteora: “Hits your eye like a big pizza pie, that's a fireball!”

Le palle di fuoco non sono poi così rare. Osservando il cielo regolarmente per qualche ora a sessione, è molto probabile vederne anche un paio all'anno. Le palle di fuoco diurne sono eventi molto rari, invece. Se vi dovesse capitare di vederne, segnatevelo come un avvistamento davvero fortunato, si tratta di una palla di fuoco di luminosità incredibile. Quando la gente comune vede una palla di fuoco diurna la scambia quasi sempre per un aereo o un missile in fiamme e sul punto di esplodere.



Ogni volta che si produce una palla di fuoco molto intensa che si avvicina alla luminosità della mezza Luna o anche più, ci sono ottime possibilità che il meteoroido che causa la luce arrivi fino al suolo. I meteoriti appena caduti, hanno un importante valore scientifico, e anche economico. Se avvistate una palla di fuoco aiutate gli scienziati a trovare il meteorite per determinare da dove proviene, annotandovi le seguenti informazioni:

1. segnate l'ora dell'evento.

Appena potete, controllate la correttezza dell'ora che segna il vostro orologio usando una fonte accurata, come per esempio gli orologi dell'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM) e consultando il sito (www.inrim.it);

2. registrate la vostra esatta posizione.

Meglio se avete un ricevitore GPS, altrimenti segnatevi l'indirizzo dove vi trovate e annotate dove si trovano alcuni punti di riferimento rispetto a voi, per esempio alberi, edifici e simili;

3. disegnate in modo semplice il cielo riportando la traiettoria della palla di fuoco rispetto all'orizzonte proprio come l'avete vista.

Anche se non siete sicuri dei punti cardinali, se guardavate a sud-est o a nord-ovest, un disegnano della vostra posizione e della traiettoria della palla di fuoco aiuterà un esperto a determinare dove il meteorite potrebbe essere caduto.

Quando si presenta una palla di fuoco molto intensa o diurna, gli scienziati cercano in genere dei testimoni oculari, raccolgono tutte le informazioni disponibili e, confrontando le testimonianze degli avvistamenti da luoghi diversi, circoscrivono l'area di massima probabilità dell'impatto al suolo. Cercano di circoscrivere l'area più piccola possibile, perché anche la palla di fuoco più brillante lascia un meteorite molto piccolo, all'incirca grande come un palmo di mano, e la probabilità di trovarlo non è altissima. Se non sapete a chi fornire le informazioni, rivolgetevi al planetario più vicino o anche a un museo di scienze naturali, dove quasi sicuramente raccoglieranno i dati del vostro avvistamento e sapranno poi a chi indirizzarli.

Un *bolide* è una palla di fuoco che, attraversando il cielo, produce un suono acuto, e può esplodere o meno. Forse questa non è una vera e propria definizione, ma sicuramente aiuta a identificarlo. In realtà, alcuni usano le definizioni di *palla di fuoco* e di *bolide* come interscambiabili, e anche le fonti più autorevoli non ne danno delle definizioni univoche. Il suono che si sente, in ogni caso, è provocato dal meteorite che supera la barriera del suono, in altre parole viaggia più veloce della propagazione del suono nell'aria.

Quando una palla di fuoco si spezza, potete avvistare due o più meteore contemporaneamente, che sono molto vicine e procedono nella stessa direzione. Il meteoroido che ha prodotto la palla di fuoco si è frammentato, probabilmente per l'attrito in atmosfera, proprio come fanno a volte gli aerei fuori controllo che si spezzano anche senza esplodere.

Una meteora si lascia dietro spesso una scia luminosa, e se la meteora stessa dura solo qualche secondo, la scia può persistere per molti secondi, a volte anche per dei minuti. Se la persistenza è lunga a sufficienza, la scia viene distorta dai venti in quota, proprio come capita con le scie degli aerei.



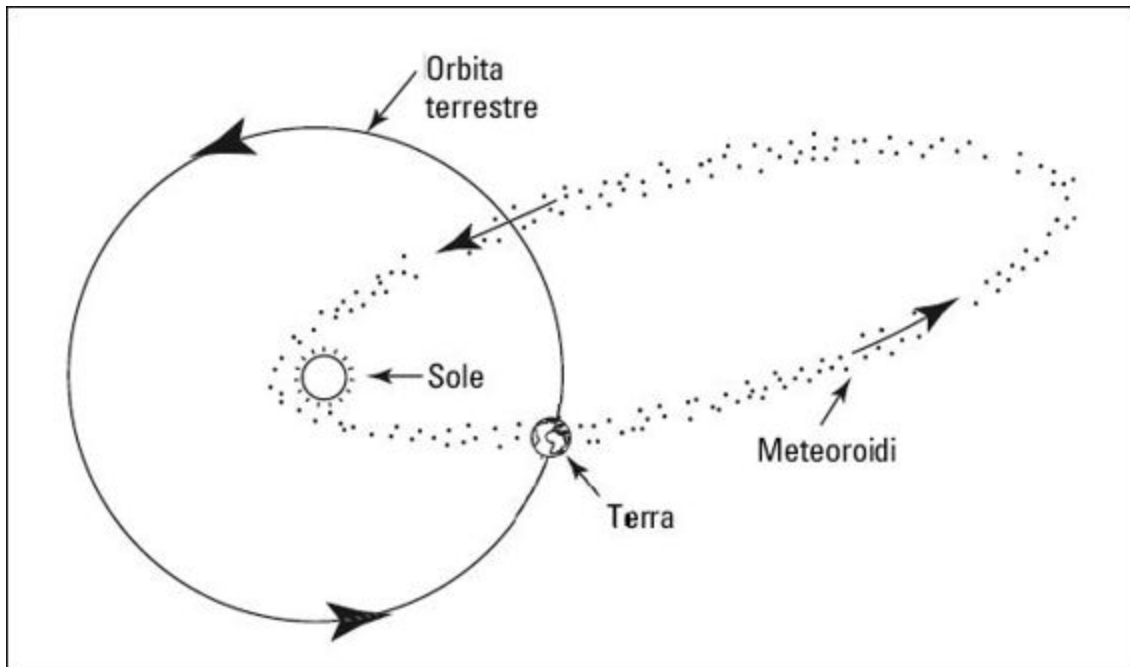
Dopo la mezzanotte, il numero di osservazioni meteoriche aumenta, dal momento che da mezzanotte a mezzogiorno ci si trova nella parte della Terra che si sta muovendo in avanti, cioè dove il pianeta si lancia nello spazio spazzando i meteoroidi. Dopo mezzogiorno, fino a mezzanotte, vi troverete nel lato posteriore del pianeta: in questo caso sono i meteoroidi che devono agganciare la Terra, entrare in atmosfera e rendersi visibili. Insomma, concedetemi una similitudine poetica: i meteoroidi sono come i moscerini che si spiaccicano sui finestrini dell'auto. La maggior parte si trova sul parabrezza che procede verso i moscerini, mentre sul lunotto posteriore, che si allontana, ce ne saranno molti meno.

La tempesta di meteore: uno spettacolo di splendore

Normalmente, si possono vedere alcune meteore ogni ora, in media, un po' di più dopo la mezzanotte e per chi osserva dall'Emisfero Nord, e un po' di più anche in autunno, rispetto alla primavera. Tuttavia, ogni anno ci sono dei momenti speciali in cui il numero di meteore visibili sale a 20 e anche a 50 eventi all'ora, se il cielo è scuro, senza Luna, e lontano dalle città e dall'inquinamento luminoso. Questi momenti speciali sono le *tempeste di meteore* e si verificano in occasione del passaggio della Terra attraverso una

fascia composta da miliardi di meteoroidi che sono sulla traiettoria d'orbita della cometa che li sparge per il cosmo (per le comete, leggete più avanti). Questo particolare evento celeste è rappresentato in [Figura 4.1](#).

Figura 4.1 Attraversando una fascia di meteoroidi, la traiettoria della Terra crea una tempesta meteorica.



La direzione dello spazio o il punto del cielo da cui la tempesta di meteore sembra provenire si chiama *radiante*. La tempesta più nota è quella delle Perseidi, che arriva a 80 meteore all'ora, e che deve il proprio nome al fatto che sembrano sfrecciare nel cielo provenendo tutte dalla costellazione di Perseo. In altre parole: Perseo è il radiante della tempesta. Più in generale, ogni tempesta prende il nome dalla costellazione o dalla stella più luminosa che ne presidia il radiante.

Esistono altre tempeste meteoriche all'altezza delle Perseidi, certo sono poche, ma sono poche anche le persone che si fermano a osservarle. Infatti, le Perseidi si presentano nei nostri cieli durante le calde notti di agosto, che in genere sono perfette per l'osservazione, mentre le altre tempeste di una certa importanza, come le Geminidi o le Quadrantidi, arrivano in dicembre

e gennaio, quando nell’Emisfero Nord il tempo atmosferico è peggiore e la voglia degli osservatori di passare la notte fuori è certamente minore.

La [Tabella 4.1](#) elenca le maggiori tempeste meteoriche annuali. Le date riportate indicano le notti in cui il fenomeno è solitamente al massimo. Le tempeste durano giorni o settimane, e durante questo periodo continuano a piovere meteore anche se con un ritmo inferiore a quello massimo. Le Quadrantidi sono un po’ un’eccezione, durano una notte soltanto e a volte anche solo poche ore.

<i>Tempesta</i>	<i>Data approssimativa</i>	<i>Tasso meteorico (per ora)</i>
Quadrantidi	3-4 gennaio	90
Liridi	21 aprile	15
Eta Aquaridi	4-5 maggio	30
Delta Aquaridi	28-29 luglio	25
Perseidi	12 agosto	80
Orionidi	21 ottobre	20
Geminidi	13 dicembre	100

Il radiante delle Quadrantidi è nell’estremo nordorientale della costellazione di Boote, ma la tempesta prende il nome da una costellazione che si trovava sugli atlanti del XIX secolo, e oggi non esiste più nella nomenclatura dell’astronomia moderna. Oltre al nome, sembra che le Quadrantidi abbiano perso anche la cometa che le generava, infatti la loro origine è rimasta misteriosa fino al 2003, quando l’astronomo Petrus Jenniskens avvistò un oggetto celeste chiamato 2003 EH1 che potrebbe essere la loro cometa generatrice.

Le Geminidi sono una tempesta meteorica che sembra associata a un asteroide, più che a una cometa, anche se si tratta con tutta probabilità di una cometa spenta che non sbufa più i gas e le polveri che ne formano la

chioma e la coda. Anche l'oggetto 2003 EH1, la probabile generatrice delle Quadrantidi, potrebbe essere una cometa spenta.

Le Leonidi sono una tempesta meteorica piuttosto insolita che compare ogni anno intorno al 17 novembre, senza offrire uno spettacolo particolare. Eppure, ogni 33 anni si verifica un importante aumento dell'attività meteorica, che può durare anche per qualche anno. Nel novembre 1966, 1999, 2000, 2001 e 2002 fu rilevato un numero impressionante di Leonidi, magari anche solo per brevi intervalli e in regioni ristrette. Il prossimo grande spettacolo è atteso per il 2032.

Rispetto alla [Tabella 4.1](#), non vedrete mai dei tassi meteorici così alti, perché il conteggio delle meteore per i dati ufficiali è definito in condizioni di visibilità eccezionali che poche persone hanno oggi la possibilità di sperimentare. Inoltre, l'intensità delle tempeste meteoriche varia da un anno all'altro, proprio come avviene per le piogge. A volte si vedono tante Perseidi quante ne indicano i dati ufficiali, in rare occasioni anche di più. Questa variabilità motiva una registrazione degli eventi meteorici così accurata da parte degli scienziati, e anche i conteggi degli astronomi amatoriali possono contribuire.

Se vi trovate nell'Emisfero Sud, controllate l'elenco delle tempeste meteoriche di quell'Emisfero sul sito della Royal Astronomical Society della Nuova Zelanda (www.rasnz.org.nz/Meteors/Meteors.htm).

Per registrare gli eventi meteorici occorrono un orologio, un quaderno, una penna e una luce fioca per vedere ciò che si scrive.



Per le osservazioni astronomiche, come abbiamo già detto, la luce migliore è una lampadina rossa oppure una torcia a luce bianca avvolta in un telo di plastica rossa trasparente. In alternativa, è possibile dipingere la propria lampadina con uno smalto rosso per le unghie. Usando una luce bianca accechereste la visione notturna e vi sarebbe impossibile scorgere le meteore meno luminose almeno per i 10 o 30 minuti successivi, a

seconda dei casi. Ogni volta che osservate il cielo notturno dovete lasciare il tempo ai vostri occhi di abituarsi al buio, un'operazione che si chiama *adattamento alla visione notturna*.

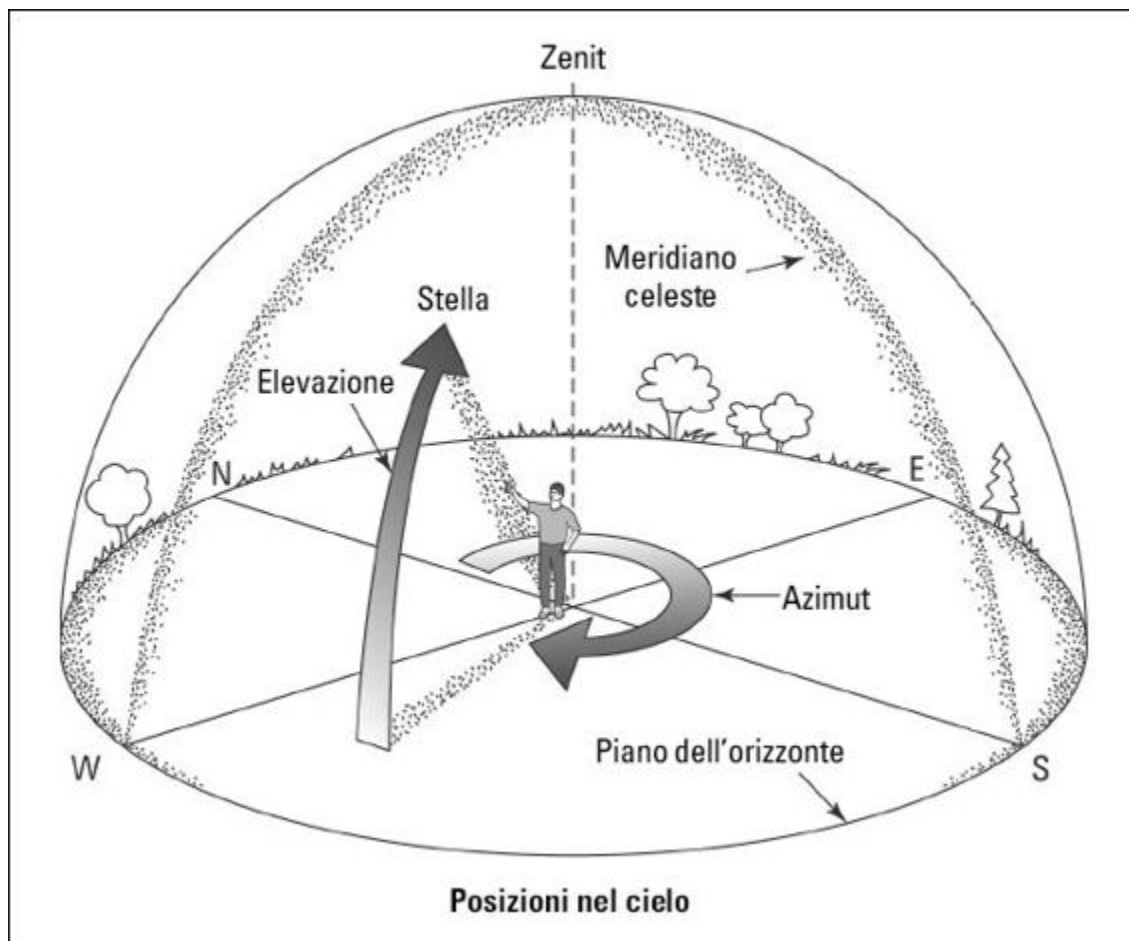


Il modo migliore per osservare e contare le meteore è quello di rilassarsi su una sedia a sdraio. Anche un telo e un cuscino vanno bene, ma il rischio di addormentarvi a quel punto è davvero molto alto! Per individuare la direzione migliore per osservare le meteore, piegate il capo in modo da inquadrare quella porzione del cielo di poco più alta rispetto al punto equidistante tra orizzonte e zenit (confrontate la [Figura 4.2](#)). Annotate gli avvistamenti o usate l'app NASA Meteor Counter (che vi descriverò fra breve). Ricordatevi un thermos di caffè, tè o cioccolata caldi!

Contrariamente a quanto si dice spesso, non occorre che vi mettiate di fronte al radiante, perché le meteore sfrecciano nel cielo, compaiono e scompaiono, e la parte visibile della loro traiettoria può trovarsi anche molto lontana dal radiante. Invece, è possibile estrapolare all'indietro la traiettoria per individuare il radiante stesso: se riuscite a individuare un radiante comune a più meteore vuol dire che siete davanti a uno sciame meteorico e non a una strana concomitanza di meteore sporadiche.

Se invece puntate il radiante, vedrete alcune meteore che pur essendo brillanti hanno traiettorie visibili assai brevi: ciò avviene perché si stanno spostando nella vostra direzione o quasi, ma per fortuna i meteoroidi della tempesta sono molto piccoli e non arriveranno fino al suolo dove vi trovate.

Figura 4.2 Per una vista ottimale delle meteore, reclinate il capo a metà strada tra l'orizzonte e lo zenit.



Come riferire sulle meteore alla NASA

Sarete di grande aiuto riferendo le vostre osservazioni alla NASA. Farlo è semplicissimo: basta scaricare l'app NASA Meteor Counter per smartphone o tablet dal sito www.meteor-counter.com e seguire le istruzioni. Il Meteor Counter mostra una griglia di riquadri verticali che ricordano i tasti di un pianoforte. Ogni tasto rappresenta una diversa magnitudine; quando vedete una meteora schiacciate il tasto che più si avvicina alla luminosità osservata. Inoltre, potete anche attivare una funzione di registrazione vocale per annotarvi commenti come: “La meteora si è frammentata in due” o: “Sembra verde.” A intervalli costanti l'applicazione invia le vostre osservazioni alla NASA proprio come una sonda spaziale che trasmette i dati sulla Terra.

Per capire meglio come valutare la magnitudine, consultate queste fonti:

- ✓ la **British Astronomical Association Meteor Section** vi offre una sintetica tabella di oggetti stellari con cui confrontare una meteora per valutarne la luminosità. Andate su www.britastro.org/meteor e cliccate su “Note per l’osservazione”: la tabella si trova quasi alla fine dell’articolo;
- ✓ il **North American Meteor Network** offre carte stellari gratuite scaricabili da www.nammeteors.org/charts.html, utili per confrontare stelle di magnitudine diversa con le meteore che vedete. Sarebbe auspicabile aggiungere qualche annotazione sul grado di oscurità del cielo, che potete valutare segnandovi qual è la stella meno luminosa che riuscite a vedere durante l’osservazione. Ovviamente, più scuro è il cielo e meglio è: vedrete molte più stelle di tenue luminosità e certamente il numero di meteore avvistabili sarà sensibilmente maggiore.

Come fotografare meteore e tempeste meteoriche

Le meteore si possono fotografare con un fotocamera sia analogica sia digitale, ma in quest’ultimo caso sarà necessario un buon apparecchio, magari costoso, perché le macchine fotografiche digitali completamente automatiche non sono proprio adatte, a meno che non vi troviate davanti una palla di fuoco molto brillante. Per riuscire bene nell’impresa serve una certa pratica, ma indipendentemente dal metodo che userete, alcuni consigli generali sono sempre validi:

- ✓ ponetevi nelle migliori condizioni di oscurità;
- ✓ provate a fotografare le meteore solo quando la Luna è sotto l’orizzonte;
- ✓ avvaletevi di un treppiede solido per evitare che la fotocamera si muova durante l’esposizione;

- ✓ usate obiettivi ordinari o grandangolo con diaframma al massimo e focale su “infinito” (un grandangolo è meglio, vi permetterà di fotografare più meteore per ogni singolo scatto). Non usate assolutamente un teleobiettivo;
- ✓ utilizzate un cavo di scatto, per non muovere la fotocamera quando scattate;
- ✓ puntate la macchina fotografica verso un punto a metà tra orizzonte e zenit, magari un po' più in alto, verso la direzione più scura del cielo che avete intorno, dove il bagliore che proviene dalla città o da altre fonti di luce è minore.

Se state usando una fotocamera analogica, usate i seguenti accorgimenti:

- ✓ usate una pellicola con minima sensibilità ISO 400;
- ✓ utilizzate un obiettivo a diaframma largo, caratterizzato da un valore di rapporto focale $f/5,6$ o inferiore, e impostate il valore più basso possibile;
- ✓ impostate la modalità a tempo di esposizione, usando preferibilmente la posizione T, quando l'otturatore si apre allo scatto e si richiude allo scatto successivo. In alternativa, va benissimo anche la posizione B (“bulb”): su questa posizione l'otturatore si apre quando tirate il cavo di scatto e si richiude solo al suo rilascio;
- ✓ prendete una foto da 10-15 minuti, poi un'altra e continuate così per qualche ora. Sviluppando la pellicola potreste trovare l'immagine di una o più meteore catturate dalla vostra fotocamera. *Eccezione*: se una palla di fuoco attraversa l'area inquadrata dalla fotocamera, chiudete subito l'esposizione e annotate l'ora. Avrete un'ottima foto della traiettoria della palla di fuoco che non beneficerà di un'esposizione ulteriore, visto che la palla di fuoco sarà già passata;
- ✓ quando portate a sviluppare il rullino, specificate di stampare *tutti i negativi*. Spesso, infatti, i laboratori di stampa non sviluppano i negativi di foto astronomiche semplicemente perché li scambiano per delle foto a cattiva esposizione o completamente da buttare.

Se usate una fotocamera digitale, invece, ricordatevi di queste cose:

- ✓ impiegate una fotocamera digitale reflex a lente singola (DSLR), che può funzionare in modalità a tempo d'esposizione;
- ✓ prendetevi il tempo di provare qualche esposizione per valutare quali sono le migliori impostazioni per la notte in cui state osservando. Le impostazioni ottimali possono infatti cambiare in funzione della luminosità del cielo. Facendo alcune foto con esposizione da 10 secondi, altre da 20 e da 30 e così via potete determinare qual è l'esposizione massima che potete tenere prima di sovraesporre le fotografie; il tempo massimo è quello con cui fotograferete quella notte. Potreste ripetere queste prove per due o tre diverse impostazioni dell'ISO, infatti con ISO maggiore riuscirete a catturare meteore meno luminose, però arriverete prima alle condizioni di sovraesposizione dovute alla luminosità del cielo. Con un po' d'esperienza la ricerca del compromesso tra tempo d'esposizione e ISO diventerà più rapida ed efficace.

Armati di fotocamera e dei consigli precedenti potete andare a caccia anche di meteore sporadiche, solo che il numero di questi eventi per notte è molto inferiore all'unità. Al contrario, una tempesta meteorica vi mette al riparo dalla frustrazione di una sessione fotografica a vuoto, e per tutto il tempo in cui la Luna non è presente nel cielo potrete scattare diverse istantanee. Al chiaro di Luna, sarà molto più complicato. Quando fotografate una tempesta meteorica, non importa con quale fotocamera, aspettate che il radiante della tempesta (la costellazione dalla quale sembra provenire lo sciame meteorico) sia ben sopra l'orizzonte, almeno sopra i 40° . Tenete conto che l'elevazione dell'orizzonte vale 0° , mentre lo zenit (il punto sopra la vostra testa) si trova a 90° , perciò 45° corrispondono a metà elevazione, 60° a due terzi e così via.

Comete: tutta la verità sulle palle di ghiaccio sporco

Le comete sono dei visitatori occasionali dei nostri cieli che godono di grandissima popolarità. Provengono dalle profondità del sistema solare e si avvicinano alla Terra a intervalli regolari. L'arrivo di questi grossi ammassi di ghiaccio e polveri che si spostano lentamente nel cielo suscita sempre

interesse ed entusiasmo. La cometa più nota è sicuramente quella di Halley, che compare ogni 75-77 anni: se ve la siete persa nel 1986, dovete pazientare fino al 2061! Se poi la pazienza non è il vostro forte, non temete, perché nel frattempo ci faranno visita altre comete interessanti. Per esempio, una cometa molto meno famosa come Hale-Bopp, che è apparsa l'ultima volta nel 1997, e che è molto più luminosa di quella di Halley.



Molte persone confondono le comete con le meteore, ma potete facilmente distinguerle attraverso questi criteri:

- ✓ una meteora dura alcuni secondi, mentre una cometa è visibile per giorni, settimane e a volte anche mesi;
- ✓ le meteore sono un lampo di luce in caduta nel cielo e si trovano a 100-200 km dal suolo, mentre le comete si spostano lentamente nel cielo a milioni di chilometri di distanza;
- ✓ le meteore sono piuttosto comuni, mentre le comete visibili a occhio nudo sono eventi che si verificano in media una volta all'anno.

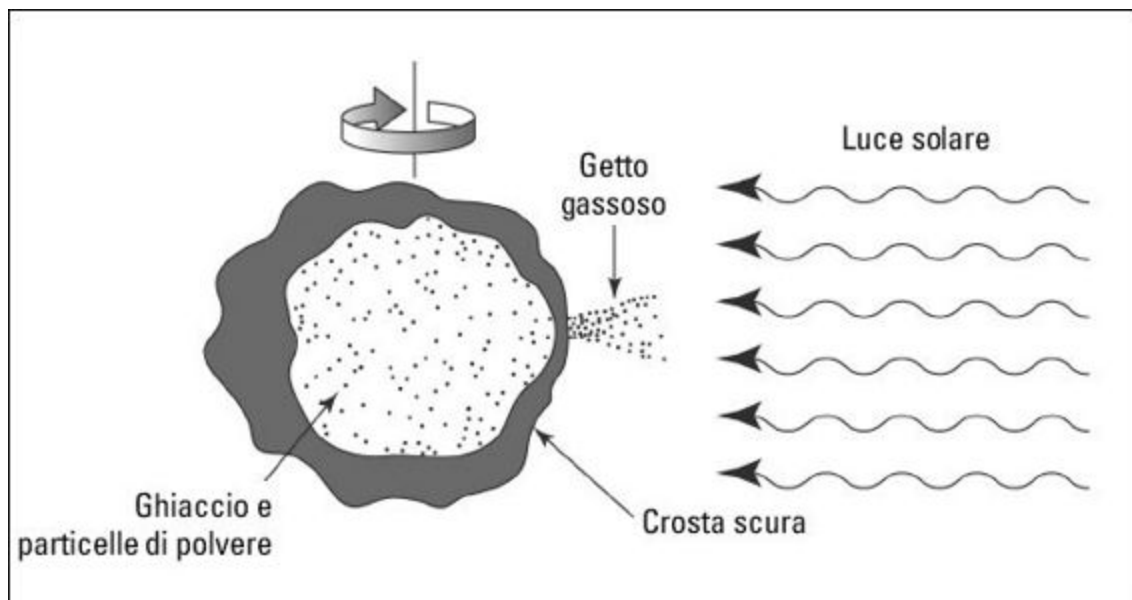
Gli astronomi sono convinti che le comete si siano originate nelle vicinanze dei pianeti esterni, a partire dall'orbita di Giove fino a ben oltre quella di Nettuno. Con il tempo, le comete in prossimità di Giove e Saturno hanno risentito gradualmente dell'influenza della gravità di questi pianeti molto massivi e sono state deviate verso lo spazio remoto riempiendo un'enorme regione sferica, nota come Nube di Oort, che va molto al di là di Plutone e si estende per circa 10.000 AU dal Sole (AU indica una distanza pari a 150 milioni di chilometri come abbiamo visto nel [Capitolo 1](#)). Altre comete, invece, furono deviate oppure si generarono e restarono nella Fascia di Kuiper (vedi [Capitolo 9](#)), una regione che comincia intorno all'orbita di Nettuno e si estende fino a una distanza di circa 50 AU dal Sole o circa 10 AU dopo Plutone. Occasionalmente, il moto delle stelle può perturbare queste regioni lanciando le comete su nuove orbite e avvicinandole alla Terra e al Sole, dove si rendono visibili a tutti noi.

Nei paragrafi che seguono descriverò la struttura di una cometa, vi parlerò delle più celebri e vi darò alcuni consigli sui metodi per il loro avvistamento e la loro osservazione.

Capire a fondo la struttura di una cometa

Una cometa è una miscela compressa di ghiaccio, gas congelati (come il ghiaccio secco, cioè il ghiaccio di monossido e diossido di carbonio) e particelle solide: la polvere di cometa o “ghiaccio sporco” di [Figura 4.3](#). Nel corso della storia gli astronomi hanno descritto le comete come composte da una chioma e da una o due code, ma le moderne ricerche hanno finalmente chiarito la vera natura e la vera struttura di questi oggetti celesti.

Figura 4.3 Una cometa, in realtà, è semplicemente una palla di neve sporca.



Il nucleo

In un primo tempo gli astronomi chiamarono *nucleo* il punto luminoso sulla chioma della cometa, ma oggi sappiamo che il nucleo è la cometa vera e propria, che popolarmente è nota come una “palla di neve sporca”. Tutte le altre componenti sono solo emanazioni provenienti dal nucleo.

Una cometa lontana dal Sole si presenta come un nucleo puro, senza chioma né coda e il suo diametro può variare da qualche chilometro a qualche decina di chilometri. Su scala astronomica sono dimensioni piuttosto contenute, il che rende piuttosto difficile l'osservazione di una cometa lontana, anche perché il nucleo brilla solo della luce riflessa del Sole.

Le immagini del nucleo di Halley, inviate a Terra da una sonda dell'Agenzia Spaziale Europea che le è passata molto vicino nel 1986, hanno mostrato che quella palla di ghiaccio bitorzoluta e rotante ha una crosta scura, proprio come un gelato tartufo composto da una palla di gelato alla vaniglia ricoperta di cioccolato. Non sappiamo nulla sul sapore di una cometa, ma il suo aspetto è piuttosto sorprendente. La sonda ha infatti rivelato che sul nucleo di Halley, qui e là, sono presenti buchi o aperture di porzioni di crosta a malapena riscaldati dal Sole da cui fuoriescono getti di gas e polveri sparati nello spazio come fossero dei geysers. Nel 2004, la sonda Stardust della NASA ha fotografato da vicino il nucleo della cometa Wild-2, mostrando la presenza di crateri d'impatto e di pinnacoli di ghiaccio. Questa è la gelida realtà, o la parte algida della storia.

La chioma

Quando la cometa si avvicina al Sole, il calore sublima la maggior parte del gas congelato e lo disperde nello spazio, insieme a una parte della polvere. I gas e le polveri formano una nuvola scintillante e lattiginosa intorno al nucleo, che si chiama *chioma*: quasi tutti confondono la chioma con la testa della cometa, che in realtà è composta da chioma e nucleo insieme.

Il bagliore della chioma proviene in parte dalla luce del Sole, riflessa da milioni di microscopiche particelle di polveri, e in parte da deboli emissioni di luce degli atomi e delle molecole contenuti nella chioma stessa.

Una coda, anzi due

La polvere e i gas della chioma sono soggetti a forze che danno origine a due code cometarie: la *coda di polveri* e quella di *plasma*.

La pressione della luce solare spinge le particelle di polvere nella direzione opposta al Sole (vedi [Figura 4.4](#)), generando la coda di polvere della cometa

che brilla di luce solare riflessa e possiede due caratteristiche salienti:

- ✓ un aspetto curvilineo e affusolato;
- ✓ un colore giallo paglierino.

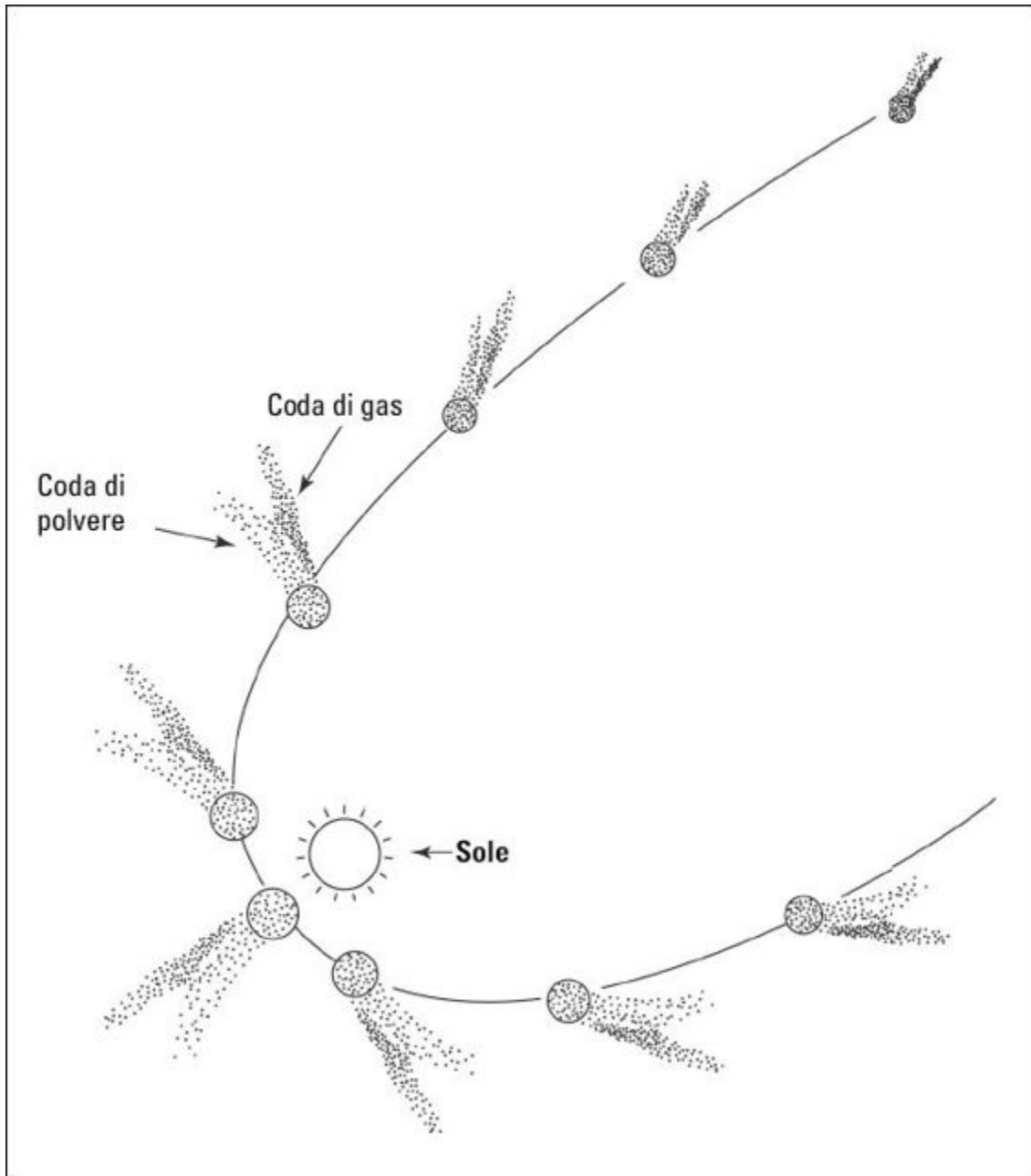
La *coda di plasma*, detta anche *coda di ioni* o *gassosa*, è formata dalla ionizzazione parziale dei gas della chioma dovuta all'interazione con la componente ultravioletta della luce solare. Una volta ionizzati, e dunque diventati elettricamente carichi, i gas sono soggetti al vento solare, un flusso invisibile di elettroni e protoni che il Sole disperde nello spazio (vedi [Capitolo 10](#)), che spinge il gas cometario ionizzato in direzione approssimativamente opposta al Sole, formando appunto la coda di plasma. Questa aiuta gli astronomi a determinare la direzione del vento solare, comportandosi quasi come una manica a vento di quelle che si vedono negli aeroporti per indicare la direzione del vento.

Al contrario dalla coda di polvere, la coda di plasma presenta:

- ✓ un aspetto filamentoso, a volte attorcigliato o addirittura sfilacciato;
- ✓ un colore blu.

Di tanto in tanto un pezzo della coda di plasma si spezza e vola via nello spazio: la cometa riforma subito una nuova coda, come fosse una lucertola. La coda di una cometa può essere lunga anche centinaia di milioni di chilometri.

Figura 4.4 La coda di una cometa punta in direzione opposta al Sole.



Quando la cometa si dirige verso il Sole, le sue code si stendono dietro di lei, ma una volta che la traiettoria gira intorno alla nostra stella e la cometa comincia il viaggio di ritorno verso lo spazio esterno, la coda continua a puntare in direzione opposta al Sole, quindi la cometa si trova a inseguire la propria coda.

La chioma e le code cometarie sono evanescenti: le polveri e i gas dispersi dal nucleo sono spazzati via nello spazio interno del sistema solare. E così,

una volta raggiunta di nuovo l'orbita di Giove, da dove proviene la maggior parte delle comete, ritornano a essere un puro nucleo, un po' più piccolo di prima, per via del gas e della polvere perduti. Successivamente, le polveri disperse durante l'attraversamento dell'orbita terrestre possono generare una pioggia meteorica, come abbiamo già visto in questo capitolo.

La cometa di Halley costituisce un buon esempio per comprendere il processo di dispersione del materiale cometario: il nucleo si riduce di almeno un metro ogni 75-77 anni, quando passa in prossimità del Sole. Il nucleo ha oggi un diametro di circa 10 km, così alla cometa di Halley rimangono ancora un migliaio di orbite prima di svanire, circa 75.000 anni. La polvere dispersa da questa celebre cometa genera due delle più intense tempeste meteoriche annuali, le Eta Aquaridi e le Orionidi, che trovate nella [Tabella 4.1](#).

In attesa della “cometa del secolo”

Nel giro di pochi anni, vicino alla Terra prima o poi passa sempre una qualche cometa abbastanza brillante e in una buona posizione, facilmente visibile a occhio nudo o con un binocolo di modesta potenza. Non so dirvi quando una di queste comete tornerà a farci visita, perché gli astronomi riescono a prevedere per il futuro prossimo solo l'arrivo di comete piccole e di limitata intensità. La maggior parte delle comete luminose ed entusiasmanti viene invece scoperta, più che essere prevista. Gli astronomi riescono a predire con accuratezza i passaggi di una sola cometa intensamente luminosa, quella di Halley, che però non si presenta così spesso. Nel 1910 la sua apparizione fu annunciata con largo anticipo, ma nello stesso anno, per esempio, si presentò anche un'altra cometa, ancora più luminosa, battezzata la Grande Cometa, che nessun astronomo aveva predetto. La cosa migliore da fare è perciò di restare sempre in osservazione: consultate le riviste di astronomia e i siti web specializzati che elencherò di seguito e che riportano tutte le apparizioni di nuove comete. E se siete fortunati potreste addirittura essere i primi ad avvistarne una nuova, meritandovi l'onore che venga battezzata con il vostro nome dall'International Astronomical Union.

Ancora chioma?

La prima regola dell'osservazione astronomica è: fuori dalle città! Anche se il nucleo di una cometa ha un diametro di 10 o 20 chilometri, la chioma che si forma attorno raggiunge le migliaia di chilometri di lunghezza, a volte anche centinaia di migliaia. I gas si espandono, proprio come il fumo di una sigaretta, e allungandosi si assottigliano e diventano sempre più tenui e meno visibili. Così, la dimensione della chioma non dipende solo dalla quantità di materia dispersa dal nucleo, ma anche dalla sensibilità dell'occhio umano o della fotocamera che la osserva: la grandezza apparente della chioma dipende anche dalla luminosità del cielo, e risulterà molto più grande e appariscente se viene osservata dalla campagna o ancor meglio dalla montagna, invece che da una città affollata.

Ogni 5-10 anni gli astronomi acclamano l'arrivo di una cometa così luminosa da essere considerata "la cometa del secolo". Ma si sa, la memoria delle persone è corta. Continuate a tenervi informati, prima o poi avrete l'occasione di godervi una cometa davvero memorabile come le seguenti:

- ✓ nel 1965, la Cometa Ikeya-Seki era visibile anche di giorno in prossimità del Sole: bastava coprire con il pollice il disco solare per ridurne l'intensità. Non me la scorderò mai, e nemmeno il mio pollice scottato;
- ✓ nel 1976, la Cometa West si vedeva a occhio nudo nel cielo notturno anche nel centro di Los Angeles, uno dei luoghi peggiori al mondo per l'osservazione celeste;
- ✓ nel 1983 si vedeva a occhio nudo la Cometa IRAS-Iraki-Alcock mentre si spostava nel cielo; invece la maggioranza delle comete è così lenta che un cambio di posizione è percettibile solo dopo alcune ore;
- ✓ negli anni Novanta, le comete brillanti Hyakutake e Hale-Bopp comparvero quasi dal nulla e furono osservate da milioni di persone in tutto il mondo;

- ✓ nel 2007, la Cometa McNaught è stata la cometa più brillante dai tempi dell'Ikeya-Seki del 1965 e, anche questa, era visibile di giorno.

La prossima cometa del secolo può arrivare in qualsiasi momento: fate attenzione, magari la scoprirete!



Esistono moltissimi siti web che vi possono inondare di informazioni sulle comete visibili in questo momento o con le foto di quelle passate, amatoriali e professionistiche. Ma nella maggioranza dei casi le comete visibili sono troppo tenui per scorgerele senza un telescopio di una certa qualità. Per essere sempre aggiornati sulle ultime novità, controllate regolarmente uno di questi siti:

- ✓ la pagina di *Comet Chasing* (www.cometchasing.skyhound.com) fornisce un resoconto mensile molto dettagliato di tutte le comete visibili alle latitudini comprese tra i 55° nord e i 30° sud;
- ✓ la pagina dedicata alle comete di *Sky & Telescope* (www.skyandtelescope.com/observing/objects/comets) offre consigli sulle tecniche di osservazione e di fotografia;
- ✓ la Society for Popular Astronomy (www.popastro.com/news) si concentra sulle comete visibili dal Regno Unito, con informazioni e mappe stellari;
- ✓ il Southern Sky Watch di Melbourne, Australia (<http://home.mira.net/~reynella/skywatch/ssky.html>) vi terrà invece aggiornati su ciò che avviene nell'Emisfero Sud;
- ✓ il sito di Heavens-Above, infine, offre carte stellari per le comete di passaggio (www.heavens-above.com).

A caccia della grande cometa

Trovare una cometa non è difficile, ma trovarne una per la prima volta può richiedere anni e anni. David Levy, il celebre cacciatore di comete, ha scrutato sistematicamente i cieli per nove anni prima di trovare la sua prima cometa. Da quel giorno, ne ha scovate altre venti.

Il migliore telescopio per la ricerca delle comete è a focale corta, o telescopio veloce, espressione con cui si indicano gli strumenti a basso numero di rapporto focale (il numero preceduto dal segno f/, come nelle fotocamere), per esempio f/5,6 o ancor meglio f/4. Occorre anche un oculare a basso ingrandimento, come un 20x o un 30x (vedi [Capitolo 3](#)). Il principio è che rapporto focale e ingrandimento bassi garantiscano di vedere la porzione di cielo più ampia possibile, pertanto si parla anche di osservazioni a campo largo. Le comete luminose che potreste trovare sono poche e lontane, per vederle bisogna guardare in lungo e in largo!



Un telescopio abbastanza economico con cui è possibile iniziare la caccia alle comete è l'Orion ShortTube 80 Equatorial Refractor, con un obiettivo da 80 mm. Ottiche di buona qualità, montatura equatoriale, treppiede, rapporto focale f/5,0 e un oculare a campo ampio è esattamente tutto ciò che vi occorre. Lo strumento costa sui 250 euro e si può acquistare anche online su www.telescope.com (per i dettagli sui telescopi, consultate il [Capitolo 3](#)). Le comete si possono cercare in due modi: quello facile e quello sistematico. Di seguito li esplicherò aggiungendo qualche indicazione su come riferire gli eventuali avvistamenti.

Il metodo facile



Il modo più facile per andare a caccia di comete consente di non fare alcuno sforzo extra: con il binocolo o con il telescopio, mentre state osservando le stelle e gli altri oggetti celesti,

spostate ogni tanto l'osservazione spazzando a caso alcune porzioni di cielo, per esempio spostandovi in punti opposti alle stelle che state osservando, che serviranno da brillanti punti di riferimento. Se avvistate una regione bizzarra, andate subito a controllare sull'atlante stellare se in quel punto è riportato un oggetto un po' particolare come una nebulosa o una galassia. Se sull'atlante non è segnalato nulla, potreste esservi imbattuti in una cometa, ma prima di entusiasmarvi aspettate qualche ora per controllare se la supposta cometa si è spostata rispetto alle stelle vicine. Se nel mentre sorge il Sole, o le nuvole vi impediscono la vista, riprovateci la notte seguente: se si tratta realmente di una cometa, l'oggetto si sarà spostato rispetto alle stelle. Se l'oggetto individuato è abbastanza luminoso, potreste provare a individuarne la coda, prova schiacciante che si tratta di una cometa.

Il metodo sistematico

Il metodo sistematico per individuare le comete si fonda sul ragionamento che è più semplice avvistarle là dove sono più luminose o dove il cielo è più scuro. Le comete diventano più brillanti in prossimità del Sole, mentre nella direzione opposta il cielo è più scuro.

Il gioco dei nomi degli oggetti stellari

Se scoprite una cometa, l'International Astronomical Union la battezerà con il vostro nome e possibilmente anche con quello del secondo e terzo osservatore che l'hanno avvistata in modo indipendente.

Se invece scoprite una meteora, non ci sarà di certo il tempo per battezzarla, visto che in pochi secondi sarà scomparsa. Potreste urlare "Davide!" ma non sarà certo utile, anzi, qualcuno potrà guardarvi male. Le uniche meteore a meritarsi un nome sono quelle spettacolari osservate da migliaia di persone, come la "Grande palla di fuoco diurna del 10 Agosto del 1972", ma non ci sono procedure formali di nomina.

Se scoprite un meteorite, prenderà il nome del luogo dove l'avete trovato, e apparterrà al proprietario del terreno dove è stato rinvenuto;

nel caso il terreno sia proprietà del governo USA, come un parco nazionale, il meteorite finisce allo Smithsonian Institution.

Infine, se scoprite un asteroide potrete suggerire un nome, ma non potrà essere il vostro (vedi [Capitolo 7](#)).



Per andare a caccia di comete, un buon compromesso tra i due metodi che guardano nelle due opposte direzioni, il più vicino possibile al Sole e il più lontano possibile, è quello di guardare a est, prima dell'alba, nella parte di cielo che si trova:

- ✓ almeno a 40° dal Sole (che si trova sotto l'orizzonte);
- ✓ a non più di 90° dal Sole.

Tenendo presente che un giro completo da orizzonte a orizzonte copre 360° , 90° è un quarto di giro intorno al cielo.

Un planetario virtuale per PC vi aiuterà a determinare le costellazioni che circoscrivono questa regione ogni notte dell'anno (per i planetari virtuali consultate il [Capitolo 2](#)). Ovviamente, dopo il tramonto potrete cercare le comete verso ovest, seguendo le stesse indicazioni per limitare la regione di osservazione. Ma siate prudenti, perché secondo la mia esperienza vi posso anticipare che le prime "comete" che scoprirete saranno probabilmente le scie di condensazione degli aerei a reazione che riflettono la luce del Sole in quota anche diverse ore dopo il tramonto.



Cominciate da un angolo della regione che intendete controllare e spazzate lentamente l'area con il telescopio. Poi spostate di poco il telescopio in alto o in basso ed eseguite un'altra spazzata. Potrete procedere da sinistra a destra o spazzare avanti e indietro bustrofedicamente (una parola che viene dall'antichità: indicava

il modo di arare i campi con il bestiame che consisteva nell'arare il primo solco in una direzione per poi tornare a ritroso arando il secondo nella direzione opposta e così via).

Raccontando agli amici della vostra ricerca bustrofedica delle comete sarà più facile impressionarli rispetto a trovarne per davvero una. E, se non vi prendono per matti, sarà una bella soddisfazione per il vostro ego.

Come riferire l'avvistamento di una cometa

Se vi capitasse di scoprire una cometa, seguite le istruzioni del sito dell'International Astronomical Union, alla sezione Central Bureau for Astronomical Telegrams (che ovviamente non usa più i telegrammi) e segnalatela con un'email al sito www.cbat.eps.harvard.edu/index.html.

Sappiate che questo ufficio non gradisce i falsi allarmi, perciò, prima di riportare la comunicazione, cercate magari una conferma della scoperta coinvolgendo qualche altro amico astronomo. Se l'avvistamento è corretto, come astronomi hobbisti scopritori di comete, potrete essere premiati con l'Edgar Wilson Award, descritto sul sito del Central Bureau.

E se anche non ne scoprirete mai una, come è nel destino della maggior parte degli astronomi, potrete sempre godervi quelle scoperte dagli altri!

Satelliti artificiali: una lunga storia di amore e odio

Un satellite artificiale è un oggetto costruito dall'uomo per essere lanciato nello spazio in orbita intorno alla Terra o a un altro corpo celeste. I satelliti terrestri ci mostrano l'andamento meteorologico, controllano El Niño, trasmettono il segnale televisivo, vegliano addirittura sugli attacchi di missili intercontinentali delle potenze nemiche. E per finire, sono usati anche in astronomia.

L'Hubble Space Telescope è un satellite artificiale adorato da tutti gli astronomi: ci ha infatti regalato delle immagini di stelle e galassie lontane altrimenti irraggiungibili, e ne ha permesso l'osservazione all'ultravioletto e all'infrarosso che sarebbero impossibili dal suolo per via della spessa

atmosfera della Terra che blocca questa parte dello spettro elettromagnetico (la NASA sta valutando di mantenere Hubble in attività fino al 2025, quando verrà tolto dall'orbita e cadrà in mare).

Tuttavia, i satelliti riflettono i raggi del Sole al tramonto o anche se è già tramontato, e si trasformano in punti luminosi che si muovono nel cielo notturno e che talvolta interferiscono con le fotografie astronomiche delle stelle meno luminose: in questo caso, non sono molto amati dagli astronomi. Peggio ancora, alcuni satelliti trasmettono a frequenza radio e interferiscono con le osservazioni dei grandi radiotelescopi in ascolto dei segnali radio provenienti dallo spazio. Un'onda radio spaziale potrebbe aver viaggiato per 5 miliardi di anni da un quasar, o magari per 5.000 anni da un altro sistema solare della Via Lattea, chissà, magari portando con sé il saluto di una civiltà aliena e amica che ci aiuterebbe a curare il cancro. Ma poi, arrivando sulla Terra, una nota strombazzante e una modulazione stridula di un satellite che passa sopra l'osservatorio potrebbero interferire con questo messaggio e impedirne la ricezione, e così potremmo perdere per sempre la buona novella dell'amico alieno.

Insomma, gli astronomi coltivano un rapporto di amore e odio con i satelliti: in certi casi offrono ottimi frutti, in altri generano solo interferenze. In ogni caso, facendo di necessità virtù, gli astronomi amatoriali si sono appassionati tantissimo all'osservazione e alla fotografia dei satelliti artificiali di passaggio.

L'osservazione dei satelliti artificiali

Sono centinaia i satelliti funzionanti che orbitano intorno alla Terra insieme a migliaia di frammenti di spazzatura spaziale: satelliti spenti, stadi finali dei razzi di lancio dei satelliti stessi, pezzi di satelliti rotti o esplosi, minuscoli frammenti di vernice di razzi e satelliti.

È facile cogliere la luce riflessa da un grosso satellite o da qualche grande pezzo di spazzatura spaziale, e i potenti radar di difesa riescono a tracciare ogni minimo frammento.

Il modo migliore per iniziare l'osservazione dei satelliti artificiali è ovviamente quello di individuare i più grandi, come la Stazione Spaziale

Internazionale della NASA o il telescopio spaziale Hubble, insieme a quelli più luminosi, per esempio le decine di satelliti Iridium per le telecomunicazioni.



Osservare un satellite artificiale è rassicurante per un astronomo alle prime armi: le previsioni sui passaggi di comete e tempeste meteoriche talvolta sono errate, le comete sono spesso meno luminose delle attese oppure si vedono molte meno meteore del previsto. Al contrario, le previsioni sui passaggi satellitari sono sempre pressoché esatte. E così, in una notte stellata, guardando l'orologio potrete stupire gli amici annunciando il passaggio della Stazione Spaziale in un punto preciso da lì a qualche minuto... e la vedrete di sicuro!



Se smaniate di avere un elenco di cosa si possa vedere, vi accontento subito; ecco alcuni particolari che potete individuare nei satelliti, sia quelli grandi sia quelli più luminosi:

- ✓ un grosso satellite come l'Hubble Space Telescope o l'International Space Station di solito appare di sera come un punto di luce che si muove lentamente, ma in modo apprezzabile, da ovest verso est nella metà occidentale del cielo. È molto più lento di una meteora, non lo potete confondere, ma è incredibilmente più veloce di una cometa. Si vede tranquillamente a occhio nudo, perciò non può essere un asteroide e, in ogni caso, è più veloce.

A volte anche un aeroplano ad alta quota si può confondere con un satellite, ma guardando con il binocolo distinguerete certamente le luci di segnalazione o addirittura la forma dell'aereo. E in luoghi particolarmente tranquilli e silenziosi potreste addirittura sentire il rumore dell'aereo: il che non avviene certo nel caso di un satellite;

- ✓ un satellite Iridium presenta una situazione completamente diversa. Di solito appare come una striscia di luce che diventa molto luminosa e poi si affievolisce in pochi secondi. Si muove molto più lentamente di una meteora e, inoltre, un lampo di un Iridium è solitamente più luminoso di Venere, ed è secondo in intensità solo alla Luna. I lampi di un Iridium sono generati dal Sole che si riflette sulle sue antenne piatte di alluminio, che hanno le dimensioni di una porta. Durante le feste delle stelle la gente acclama l'avvistamento di un lampo di Iridium con l'entusiasmo che la gente comune riserva alle palle di fuoco.

Infine, tenete presente che in orbita ci sono più di 60 satelliti Iridium: anche se interferiscono con l'osservazione astronomica e gli astronomi li vorrebbero disintegrare, se non altro ci divertono con i loro lampi luminosi.

Come prevedere i passaggi satellitari



Alcune trasmissioni televisive e alcuni giornali forniscono delle indicazioni sui passaggi satellitari in alcune regioni circoscritte, ma per reperire informazioni più dettagliate potete consultare i seguenti siti:

- ✓ per la Stazione Spaziale Internazionale e per il telescopio spaziale Hubble, usate il Satellite Tracker di *Sky & Telescope* che trovate all'indirizzo: www.skyandtelescope.com/observing/objects/javascript/3304316.html. Dopo aver scaricato il programma, cambiate le impostazioni di default mettendo al loro posto la vostra latitudine, longitudine e fuso orario;
- ✓ per i satelliti per telecomunicazioni Iridium, le previsioni più utili sono fornite dal sito di Heavens-Above, www.heavens-above.com, che riporta anche le indicazioni per vedere i lampi diurni degli Iridium;

- ✓ Heavens-Above è un'ottima fonte anche per l'Hubble Space Telescope: cliccate sul link "HST" nella sezione "Satelliti" e otterrete le informazioni sui passaggi sopra la vostra regione.

Ovviamente, esistono anche le app per smartphone dedicate ai satelliti:

- ✓ per iPhone, usate Go Sat Watch;
- ✓ per i telefoni Android, usate Iridium Flares o Sky Junk.

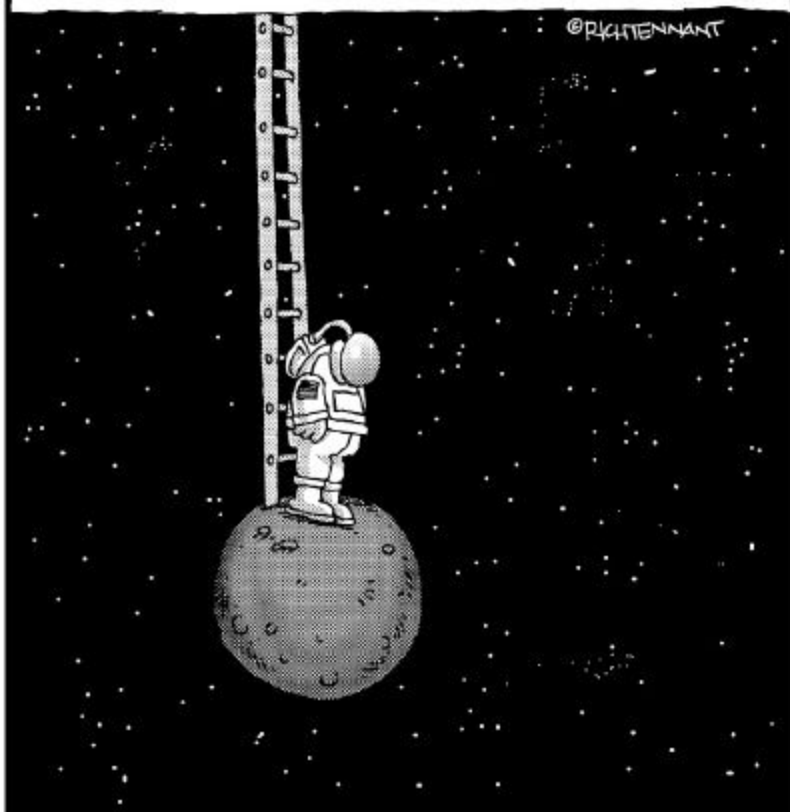
Dopo aver imparato a osservare i satelliti artificiali, potrete cimentarvi anche nella loro fotografia. Anche se la Stazione Spaziale Internazionale è abbastanza luminosa per essere ripresa da qualsiasi tipo di fotocamera, sconsiglio l'uso di fotocamere automatiche sia per le meteore sia per i satelliti.

Parte II A spasso per il sistema solare

The 5th Wave

By Rich Tennant

CARL REALIZZA FINALMENTE PERCHÉ PLUTONE
È STATO RICLASSIFICATO COME PIANETA NANO



In questa parte...

Pensate un po': gli uomini non vengono da Marte, mentre le donne non vengono da Venere. Nessun pianeta che conosciamo, infatti, potrebbe ospitare la vita. Venere è troppo caldo, Marte troppo freddo, e su nessuno dei due c'è acqua, almeno secondo le attuali conoscenze degli scienziati. In questa parte descriverò il vero aspetto dei pianeti del sistema solare. C'è mai stata vita su Marte? E sulla luna di Giove, Europa? Mentre la ricerca va avanti con nuove missioni spaziali, vi racconterò cosa sappiamo attualmente. Infine, se avete visto qualche film del genere: "È la fine! Un grosso asteroide si dirige verso la Terra!", forse vi chiederete se una minaccia simile vada presa in seria considerazione: dedicherò un intero capitolo agli asteroidi e alle reali possibilità che colpiscano la Terra.

Capitolo 5

Una coppia ben assortita: la Terra e la Luna

In questo capitolo

- ▶ Guardare la Terra come pianeta
- ▶ Capire l'anno terrestre, le stagioni, l'età della Terra
- ▶ Concentrarsi sulla Luna, sulle sue fasi e proprietà

S spesso pensiamo ai pianeti come oggetti celesti lontani come Marte o Giove. Per secoli, gli antichi Greci e le successive civiltà hanno distinto tra la Terra, vista come il centro dell'universo, e i pianeti, che consideravano questi come piccole luci in orbita intorno alla Terra stessa.

Oggi sappiamo che anche la Terra è un pianeta, e non è il centro dell'universo. Non è neanche il centro del nostro sistema solare, un titolo che spetta al Sole. Solo la Luna orbita intorno alla Terra, insieme a centinaia di satelliti artificiali (vedi [Capitolo 4](#)), mentre, insieme alla Terra, orbitano intorno al Sole altri sette pianeti del sistema solare, Plutone (classificato come pianeta nano), un certo numero di altre lune, una fascia di asteroidi e milioni di comete. Però, almeno secondo le nostre attuali conoscenze, la vita, nel sistema solare, esiste solo sul nostro pianeta.

La Terra è così decaduta dal piedistallo su cui l'aveva innalzata il pensiero umano e occupa oggi il suo vero *status*, che però è sempre piuttosto importante: la Terra è la nostra casa. E nessun altro posto nel sistema solare è come casa.

La Terra è classificata dagli astronomi come *planeta terrestre*, che anche se sembra una definizione circolare, in ambito scientifico ha un significato preciso: identifica un pianeta composto di roccia in orbita intorno al Sole. Anche i quattro pianeti più vicini al Sole sono *planeti terrestri* del nostro sistema solare, in ordine di distanza dal Sole: Mercurio, Venere, Terra e Marte.

Alcuni scienziati considerano la Luna come un pianeta terrestre, e il sistema Terra-Luna come un pianeta doppio. Per una civiltà aliena che dovesse cercarci, una simile definizione aiuterebbe parecchio: “Vai verso la stella giallo-biancastra del Settore 49.832 del Braccio di Orione nella Via Lattea e fai rotta per il terzo pianeta terrestre di quel Sole; è un pianeta doppio, è facile da identificare.”

La Terra sotto il microscopio astronomico

La Terra è unica tra i pianeti che conosciamo. Nei prossimi paragrafi vi spiegherò il perché e riassumerò brevemente le caratteristiche principali e il loro ruolo nelle questioni astronomiche come quella del tempo e delle stagioni. E nell'ipotesi che vi siate dimenticati il suo aspetto, controllate immediatamente la galleria fotografica a colori, troverete delle foto meravigliose di Terra e Luna scattate dalla NASA.

Unica: la Terra e le sue caratteristiche

Cosa rende tanto speciale la Terra? Per cominciare, abitiamo sull'unico pianeta che possiede queste caratteristiche:

- ✓ **acqua liquida in superficie:** la Terra, contrariamente agli altri pianeti, possiede laghi, fiumi e oceani che coprono il 70% della sua superficie. Sfortunatamente, ci sono anche gli tsunami e gli uragani;
- ✓ **grandi quantità di ossigeno nell'aria:** l'atmosfera terrestre contiene il 21% di ossigeno, mentre tutti gli altri pianeti presentano nell'aria solo delle tracce di ossigeno, per quanto ne sappiamo (l'atmosfera terrestre è composta al 78% da azoto);

- ✓ **una tettonica a placche, nota anche come *deriva dei continenti***: la crosta terrestre è composta da enormi lastre di roccia in moto che, collidendo, causano terremoti e creano le montagne. Dalle fratture in mezzo all'oceano, in fondo al mare, emerge continuamente nuova crosta con un conseguente spostamento del fondale stesso (per scoprire una proprietà molto interessante del fondale marino, leggete il riquadro “I fondali terrestri e le loro proprietà magnetiche”, alla fine del capitolo);
- ✓ **vulcani attivi**: la roccia fusa rovente, sgorgando dalle profondità sotto la superficie, crea vaste formazioni vulcaniche come le isole Hawaii. Sulla Terra ci sono sempre vulcani in eruzione;
- ✓ **la vita, intelligente o meno**: sulla vostra intelligenza giudicate da soli, ma dal punto di vista della vita, tra amebe monocellulari, batteri, virus, fiori, alberi, pesci, uccelli, insetti e mammiferi, la Terra vanta una straordinaria abbondanza di forme di vita.

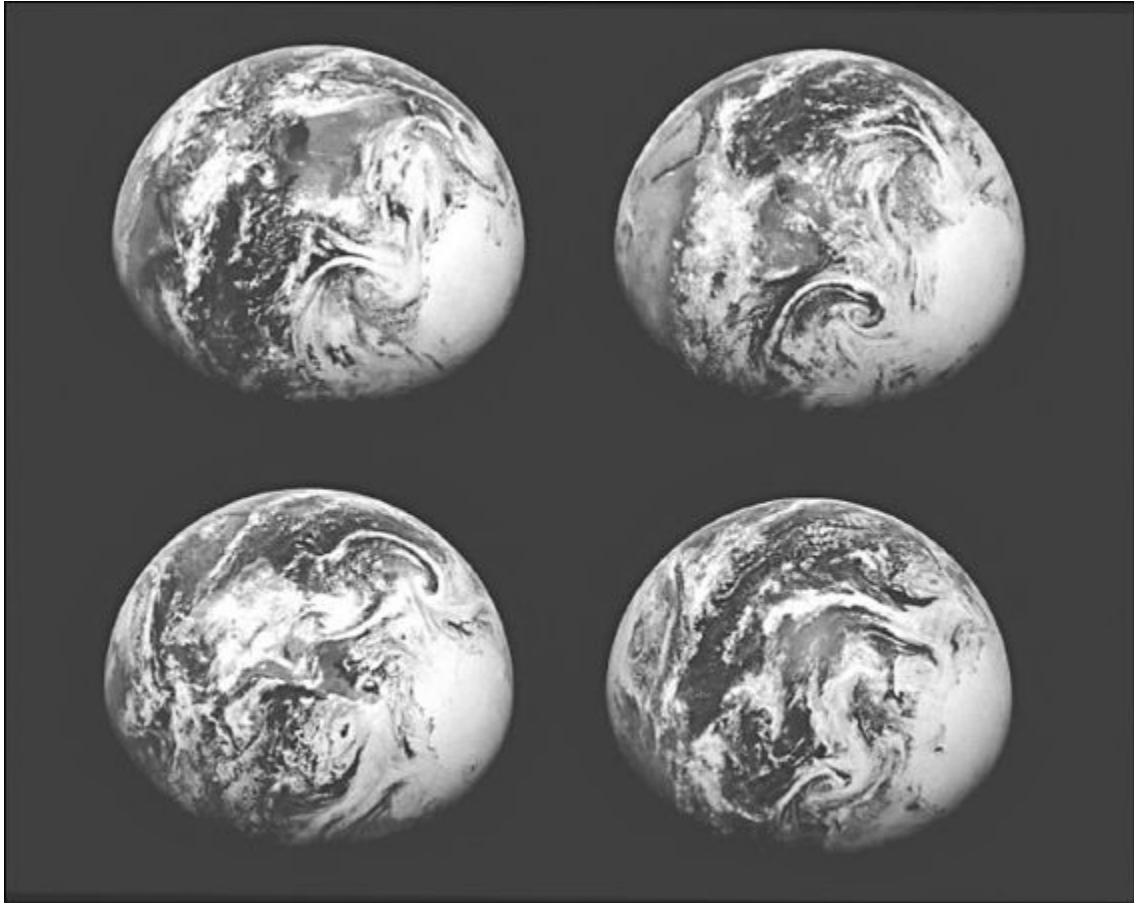
I ricercatori stanno studiando alcune evidenze molto interessanti che indicano che anche Marte e Venere un tempo potrebbero aver condiviso con la Terra alcune di queste caratteristiche (vedi [Capitolo 6](#)), ma per quanto ne sappiamo, oggi non ospitano la vita, né c'è prova alcuna che l'abbiano mai ospitata.

Gli studiosi ritengono che la presenza di acqua liquida in superficie sia la principale causa di una vita rigogliosa sul nostro pianeta. Potete facilmente immaginare che anche altri mondi ospitino forme di vita avanzate, come accade in televisione o al cinema, ma è solo fantasia. Non esistono prove convincenti di vita, passata o presente, al di fuori dal pianeta Terra.

Sfere d'influenza: le diverse regioni della Terra

La [Figura 5.1](#) mostra quattro immagini della Terra vista dallo spazio: si vedono chiaramente i contorni delle terre emerse, dei mari e delle nuvole.

Figura 5.1 Quattro immagini che mostrano il volto mutevole del pianeta Terra.



Per concessione della NASA.

Le meravigliose luci del Nord

L'aurora è tra i fenomeni più belli da vedere nel cielo notturno, molto raro per la maggior parte delle persone. A seconda di dove vivete, nell'Emisfero Nord o Sud, potrete ammirare rispettivamente l'aurora boreale (le luci del Nord) o l'aurora australe (le luci del Sud). Le aurore si creano quando fasci di elettroni dalla magnetosfera terrestre piovono giù nell'atmosfera stimolando un'emissione luminosa nell'ossigeno e in altri atomi presenti nell'aria. Il bagliore inquietante nel cielo notturno può restare stazionario per minuti o anche ore, oppure può cambiare in modo costante (rendendolo più difficile da identificare per un principiante).

A volte luccica, altre pulsa, talvolta lampeggia lassù nel cielo. Le manifestazioni dell'aurora sono molte e, tra le più comuni, troviamo:

- ✓ **a bagliore:** si tratta dell'aurora più semplice, somiglia a nuvole sottili che riflettono la luce lunare o della città. Ma non state vedendo delle nuvole: è solo l'inquietante luminescenza dell'aurora;
- ✓ **ad arco:** sembra un arcobaleno, ma senza che ci sia il Sole. Un arco verde che pulsa o resta fermo a luce costante è la forma più comune, mentre a volte si osservano anche archi di un rosso tenue;
- ✓ **a tenda o a pannello:** è un'aurora spettacolare, che ricorda il sipario dei teatri, con la natura protagonista dello spettacolo;
- ✓ **a raggi:** sono sottili righe brillanti nel cielo che appaiono come deboli raggi, a volte sono numerose, altre volte si mostrano singolarmente;
- ✓ **a corona:** appare alta sulle vostre teste come una corona del cielo, con raggi emanati in ogni direzione.

Le aurore si verificano spesso in due fasce geografiche attorno alla Terra alle latitudini più alte, sia settentrionali sia meridionali. Le persone che vivono oltre quelle latitudini vedono l'aurora tutte le notti, ma con alcune eccezioni: quando una perturbazione importante del vento solare (vedi [Capitolo 10](#)) arriva sulla magnetosfera, le regioni dell'aurora si spostano verso l'equatore, così nelle regioni usuali l'aurora può essere assente, mentre, al contrario, gli osservatori delle zone più vicine all'equatore godono di uno spettacolo assai insolito.

I periodi di massima probabilità per vedere le aurore fuori dalle regioni consuete coincidono con i primi anni successivi a un picco del ciclo di macchie solari, pertanto, per il 2013 e gli anni successivi, state con gli occhi aperti in cerca di aurore. Se non volete aspettare che l'aurora venga da voi, visitate una località ad alta latitudine, dove potrete ammirarla ogni notte.

Tra i luoghi più noti per guardare l'aurora ci sono:

- ✓ **Fairbanks, in Alaska** (<http://fairbanks-alaska.com/northernlights-alaska.htm>);
- ✓ **Yellowknife, in Canada**, capitale dei Territori di Nordovest, dove potrete rilassarvi nel Villaggio dell'Aurora, con le sue "sdraio per

esterni, reclinabili e riscaldate”, e godervi lo spettacolo celeste (www.auroravillage.com);

- ✓ **Tromsø e dintorni, in Norvegia**, dove potrete scegliere se godervi l’aurora dal vostro hotel, a cavallo in un fiordo, mentre passeggiate sulle racchette da neve o mentre vi fate trainare in slitta dalle renne o dai cani (www.visittromso.no/de/Activities/Aurora-Experiences).

La cosa più bella di queste località nordiche è che, tempo permettendo, ammirando l’aurora godrete anche di magnifici spettacoli naturali. La cattiva notizia, però, è che il periodo migliore per vederla va da dicembre a marzo, il periodo più freddo dell’anno. Negli altri mesi le notti sono più corte e le possibilità di avvistamento sono minori.

Se vivete nell’Emisfero Nord, per vedere l’aurora potete consultare le previsioni giornaliere rilasciate dal Geophysical Institute dell’Università dell’Alaska, consultabile su www.gi.alaska.edu/AuroraForecast. Più comodamente, potete guardare le previsioni anche sul vostro telefonino, dopo aver scaricato l’app che trovate sul sito.

In Gran Bretagna, potete anche iscrivervi ad AuroraWatch UK attraverso il sito <http://aurorawatch.lancs.ac.uk>, per ricevere le segnalazioni sull’aurora via email o via social media.

Se dalla regione in cui vivete l’aurora non si riesce a vedere, potete sempre osservarla dalla AuroraMAX Camera della Canadian Space Agency, tranne che in estate. Molto semplicemente basta visitare il sito: www.asc-csa.gc.ca/eng/astronomy/auroramax/connect.asp.

Gli scienziati classificano le regioni terrestri in queste categorie:

- ✓ **la litosfera**, cioè le regioni rocciose del pianeta;
- ✓ **l'idrosfera**, ovvero l’acqua di oceani, laghi e altro;
- ✓ **la criosfera**, le regioni ghiacciate, in particolare l’Antartico e le aree della Groenlandia;

- ✓ **l'atmosfera**, ossia l'aria dal suolo fino a diverse centinaia di chilometri;
- ✓ **la biosfera**, la totalità degli esseri viventi sulla Terra, al suolo, in acqua, in aria e anche sottoterra.

Noi facciamo parte della biosfera che vive sulla litosfera, beviamo dall'idrosfera, respiriamo l'atmosfera e possiamo visitare la criosfera. Non conosco un altro posto nello spazio dove tutto questo è possibile!

Oltre a queste regioni, un'altra parte importante del pianeta è costituita dalla *magnetosfera*, che ha un ruolo fondamentale nel proteggere la Terra dalle radiazioni nocive emanate dal Sole (vedi [Capitolo 10](#)). I meccanismi fisici con cui ci protegge sono stati individuati grazie al primo satellite artificiale, l'Explorer I. La magnetosfera è composta da particelle cariche elettricamente, soprattutto elettroni e protoni, che rimbalzano avanti e indietro sopra la Terra intrappolate nel suo campo magnetico.

Di tanto in tanto, una parte degli elettroni, sfuggendo dalle fasce della magnetosfera e piovendo in atmosfera, colpisce gli atomi e le molecole dell'aria producendo un bagliore diffuso che costituisce l'aurora (per maggiori dettagli sull'osservazione dell'aurora, leggete il riquadro: "Le meravigliose luci del Nord", in questo capitolo).

La parte solida della Terra, su cui viviamo, è la *crosta*; sotto di essa si trovano il *mantello* e il *nucleo*. Quest'ultimo è composto principalmente di ferro e nichel, con temperature centrali altissime, intorno ai 7.000 °C. Anche il nucleo, a sua volta, è stratificato: la parte più esterna è fusa, mentre quella più interna è solida.

La pressione intensa degli strati superiori porta alla solidificazione del ferro bollente del nucleo interno.

Nei prossimi milioni di anni, con il raffreddamento della Terra, la parte centrale solida è destinata ad aumentare a spese dell'esterno fuso, come un cubetto di ghiaccio che si espande al raffreddarsi dell'acqua che ha intorno.

Il nucleo della Terra supera di molto le nostre capacità di estrarre i minerali, ma produce effetti sulla superficie che sono sotto gli occhi di tutti. Il moto del flusso fuso di ferro nel nucleo esterno genera un campo magnetico che

si estende su tutto il pianeta e anche nello spazio, noto come *campo geomagnetico*.

Il campo geomagnetico:

- ✓ allinea l'ago della bussola verso il nord (o verso il sud);
- ✓ genera un invisibile sistema di guida per le migrazioni animali, in particolare degli uccelli, ma addirittura anche per i moti oceanici di alcuni tipi di batteri;
- ✓ crea la magnetosfera nello spazio esterno alla Terra;
- ✓ protegge la Terra dal flusso delle particelle elettricamente cariche provenienti dallo spazio, come il vento solare o molti dei raggi cosmici (che sono particelle ad alta energia e velocità generate dalle esplosioni solari e da regioni remote dello spazio).

Il campo geomagnetico è un campo magnetico globale, cioè si estende su tutta la Terra ed è generato in modo costante. Marte, Venere e la Luna non hanno un campo magnetico globale: questa differenza fondamentale dà agli scienziati le indicazioni sulla composizione del loro nucleo. Per approfondire la questione del nucleo lunare, leggete più avanti in questo capitolo il paragrafo: “Un impatto devastante: una teoria sull'origine della Luna”.



I fondali terrestri e le loro proprietà magnetiche

I rilevamenti geofisici hanno individuato su alcuni fondali marini, ai lati delle faglie oceaniche, delle interessanti configurazioni di rocce magnetizzate. La roccia si magnetizza con il raffreddamento dallo stato fuso, conservando nella struttura interna una registrazione del campo magnetico all'epoca della solidificazione. Perciò, la roccia dei fondali somiglia a una calamita ed è dotata di campo magnetico con la sua

intensità e direzione. La roccia, una volta solidificata, non ha più la possibilità di cambiare il proprio campo magnetico, e diventa un campo fossile, quasi come un dinosauro fossile che resta per sempre nella posizione assunta al momento della morte.

Le configurazioni scoperte ai lati delle faglie oceaniche sono composte da strisce di rocce magnetizzate lunghe centinaia di chilometri, parallele alle faglie e con polarità alternate: una striscia segue la polarità del nord magnetico, come una calamita che attira l'ago di una bussola, la striscia successiva ha la polarità opposta, cioè respinge l'ago della bussola, e così via.

Le strisce alternate di roccia con opposta polarità sono il risultato del processo di emersione di nuova roccia dalle fratture oceaniche, che si raffredda, si magnetizza e poi viene allontanata dalla frattura man mano che nuova roccia emerge. Le strisce di opposta polarità dimostrano che il campo geomagnetico della Terra di tanto in tanto cambia direzione, come una barretta magnetica che si gira di 180° a intervalli irregolari che durano da migliaia sino a milioni di anni.

Il campo magnetico è generato dal nucleo terrestre, ma la causa delle sue inversioni è tuttora sconosciuta, anche se le testimonianze di questo fenomeno sono abbondanti e si trovano nelle rocce dei fondali e anche in quelle di origine sottomarina presenti nel suolo.

L'interesse astronomico delle proprietà dei fondali marini risiede nel fatto che questa proprietà unica della Terra potrebbe avere un analogo in un fenomeno scoperto su Marte. A mano a mano che gli scienziati raccolgono dati sui pianeti terrestri, Terra inclusa, raggiungiamo una comprensione più profonda dall'analisi delle differenze e delle somiglianze. Questo ramo della scienza si chiama *planetologia comparata* e ne parlerò con maggiore dettaglio nelle descrizioni di Marte e Venere nel [Capitolo 6](#).

Tempo terrestre, ere e stagioni

Una volta la misura del tempo si basava sulla rotazione della Terra, anche se può sembrare difficile da credere visto che oggi non riusciamo a resistere

dieci minuti senza guardare un orologio. E poi sappiamo che il moto orbitale intorno al Sole e l'inclinazione dell'asse producono l'alternarsi delle stagioni in un ciclo che ormai dura già da 4,6 miliardi di anni.

Sempre in orbita

Oggi gli scienziati usano gli orologi atomici per misurare il tempo con enorme precisione, ma fino all'età moderna il sistema di misura era fondato sulla rotazione terrestre.

Riconoscere il passare del tempo

La Terra fa un giro completo sul proprio asse ogni 24 ore, da ovest verso est (cioè in senso antiorario se visto dal Polo Nord). Le 24 ore della durata di un giorno sono la media dell'intervallo necessario al Sole per sorgere, tramontare e tornare a sorgere, processo che si chiama *tempo solare medio*, equivalente a quello scandito dall'orologio che abbiamo al polso. Un anno si compone di circa 365 giorni, corrispondenti all'intervallo di tempo che occorre alla Terra per eseguire un giro completo intorno al Sole. Dal momento che la Terra ruota intorno al Sole, l'ora in cui il Sole sorge dipende sia dalla rotazione sia dalla rivoluzione terrestre.

Rispetto alle stelle, la Terra ruota in 23 ore, 56 minuti e 4 secondi, intervallo noto come *giorno sidereo* o *siderale*, la cui etimologia significa "relativo alle stelle". La differenza rispetto al giorno solare medio è di 56 secondi, cioè $1/365$ di giorno: ovviamente non è una coincidenza, è così perché, ruotando su se stessa, la Terra si sposta anche di $1/365$ di orbita intorno al Sole.



Gli astronomi in passato usavano i cosiddetti *orologi siderei*, che dividevano il giorno sidereo in 24 ore, leggermente più corte delle ore corrispondenti del tempo solare. Un orologio sidereo aiutava gli scienziati a seguire i moti astrali in modo da puntare correttamente i telescopi. Oggi questo metodo non serve più, perché i computer fanno tutti i calcoli necessari e non occorre

avere la complicazione di una scala di tempo dedicata alle osservazioni astronomiche. Il tempo standard è più che sufficiente al computer per indicare la corretta direzione dove puntare gli strumenti nell'osservazione di un determinato oggetto a una certa ora e a una particolare latitudine. Ciononostante, gli astronomi hanno mantenuto la vecchia abitudine di annotare le osservazioni astronomiche datandole con un sistema chiamato *Tempo Universale*, in inglese *Universal Time* (UT), una scala di tempo nota anche come *Greenwich Mean Time*. UT è semplicemente il tempo standard solare al meridiano di Greenwich, Inghilterra. Una scala di tempo migliore e meglio definita è il *Tempo Universale Coordinato* (UTC), oggi il tempo ufficiale internazionale, che per molte applicazioni pratiche è simile a UT.

Aggiungiamo qualche secondo intercalare

La Terra compie un giro intorno al Sole in 365,25 giorni, ma il calendario ne conta solo 365. Così, per tornare al passo con le stelle, ogni quattro anni si aggiunge un giorno: il 29 febbraio; l'anno di sincronizzazione si chiama *anno bisestile*, o *intercalare*. In realtà esiste un problema di sincronizzazione anche tra la rotazione terrestre e il calendario ufficiale: di tanto in tanto la Terra ruota un po' più lentamente, per vari motivi spesso legati a vasti processi meteorologici come El Niño. Queste variazioni si accumulano e, prima di rendercene conto, la rotazione terrestre si trova così fuori sincrono rispetto al tempo mantenuto dagli orologi atomici ultra precisi. Quando ciò accade le autorità internazionali decidono che è il momento di aggiungere un secondo intercalare a UTC, noto anche come *leap second*. Al momento convenuto, perciò, si aggiunge un secondo e gli ingegneri di tutto il mondo, con le dita incrociate, trattengono il respiro sperando che tutto fili liscio, e che quell'aggiunta non faccia impazzire il GPS, non imballi il controllo del traffico aereo e non crei malfunzionamenti in nessuno di quei sistemi che dipendono in modo critico dal sistema di temporizzazione internazionale. Gli Stati Uniti e altre nazioni vorrebbero abolire il secondo intercalare, ma altri Paesi come il Regno Unito sono fermamente decisi a mantenerlo. Una decisione per il futuro del leap second sarà presa nel 2015.

Sincronizziamo gli orologi



In Italia, il compito istituzionale di mantenere la scala di tempo nazionale spetta all'Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRIM) di Torino. Potete sincronizzarvi su UTC quando volete, accedendo agli orologi atomici dell'INRIM tramite il sito www.inrim.it. Se invece desiderate conoscere il *Tempo Sidereo Apparente Locale* nel luogo dove vi trovate, potreste visitare il sito dello U.S. Naval Observatory (USNO) di Washington, all'indirizzo <http://tycho.usno.navy.mil/what.html>, che mantiene la scala di tempo statunitense. Il Tempo Sidereo Apparente Locale indica l'ascensione retta che sta passando in quel momento sul *meridiano locale*, cioè la linea immaginaria dallo zenit al punto sud sull'orizzonte (una stella si trova nella posizione ottimale per l'osservazione quando è sul meridiano locale).



Se invece avete la necessità di determinare la zona di tempo standard in un luogo del mondo differente, e convertirla nel Tempo Universale Coordinato, rivolgetevi pure al World Time Zone Map of Her Majesty's Nautical Almanac Office su http://aa.usno.navy.mil/faq/docs/world_tzones.php.

Di solito, l'ora legale (British Summer Time, nel Regno Unito) è un'ora indietro rispetto al tempo standard in una determinata zona, ma non tutti i Paesi la adottano.

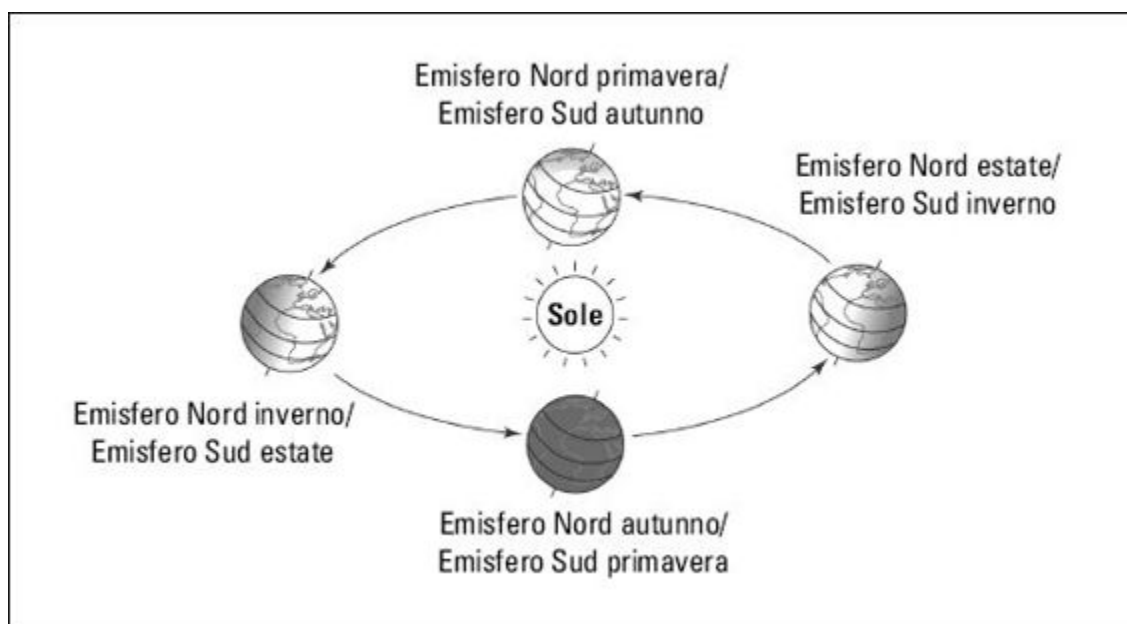
Le stagioni

Per un professore di astronomia, uno tra i compiti più frustranti è quello di insegnare agli studenti la causa del susseguirsi delle stagioni: per quanta

attenzione ci si metta, nonostante tutto l'impegno nel precisare che le stagioni non hanno nulla a che vedere con la distanza della Terra dal Sole, gli studenti non lo afferrano. Un test sui laureandi della Harvard University ha mostrato addirittura che anche tra i più brillanti c'è sempre qualcuno convinto che l'estate arrivi quando la Terra è più vicina al Sole e l'inverno quando è più lontana. Non ricordano mai che mentre nell'Emisfero Nord è estate, in quello Sud procede l'inverno, e che mentre gli australiani surfano nei mesi estivi, da noi indossiamo i cappotti di lana. Evidentemente, l'Australia e l'Europa non sono sullo stesso pianeta, oppure la Terra non è un pianeta, ma un mago, capace di essere contemporaneamente nel punto più vicino e in quello più lontano dal Sole.

La vera causa delle stagioni è l'inclinazione dell'asse terrestre, come mostrato in [Figura 5.2](#). L'asse, la linea che congiunge i Poli, non è perpendicolare al piano orbitale della Terra, è invece inclinato di $23,5^\circ$, puntando a Nord verso un punto tra le stelle, in prossimità della Stella Polare (almeno oggi e nel futuro prossimo: infatti l'asse cambia direzione lentamente e la Stella Polare di un'epoca imprecisata non sarà la Stella Polare di un futuro remoto).

Figura 5.2 L'inclinazione dell'asse terrestre determina le stagioni.



Oggi, la Stella Polare è la stella Alfa Ursae Minoris e si trova nel Piccolo Carro, un asterismo dell'Orsa Minore. Se vi siete persi nella notte e cercate il Nord, puntate lo sguardo al Piccolo Carro (per i dettagli su come trovare la Stella Polare, vedi [Capitolo 3](#)).

L'asse terrestre punta "su" verso il Polo Nord e "giù" verso il Polo Sud. Quando la Terra è su un lato dell'orbita, l'asse che punta in su è anche diretto approssimativamente verso il Sole, che splende alto nel cielo a mezzogiorno nell'Emisfero Nord. Sei mesi dopo, l'asse che punta in su è diretto in direzione opposta al Sole. Ovviamente, l'asse punta sempre nella stessa direzione dello spazio, ma la Terra, nel frattempo, si è spostata nella posizione opposta rispetto al Sole.

Nell'Emisfero Nord l'estate arriva quando l'asse che punta in su attraverso il Polo Nord è diretto anche verso il Sole. Quando la Terra è disposta in questo modo, a mezzogiorno il Sole è più alto nel cielo che in ogni altra stagione, i suoi raggi sono più diretti e il calore raccolto dalla superficie terrestre è maggiore. Contemporaneamente, l'asse che punta verso il basso attraverso il Polo Sud è diretto in direzione opposta al Sole, che a mezzogiorno si trova così nella posizione più bassa dell'anno: l'insolazione è minima e in Australia è inverno.

Per lo stesso motivo, visto che il Sole è più alto nel cielo, in estate le giornate sono più lunghe, perché il Sole impiega un tempo più lungo a salire fin lassù e poi a scendere.

Mentre la Terra orbita, il Sole sembra muoversi nel cielo su un cerchio che si chiama *eclittica*, già citata nel [Capitolo 3](#). L'eclittica è inclinata di $23,5^\circ$ rispetto al piano equatoriale dello stesso angolo dell'asse terrestre. Visto dall'Emisfero Nord, il viaggio annuale del Sole sull'eclittica presenta alcuni eventi fondamentali:

- ✓ **l'Equinozio di primavera:** il primo giorno di primavera, il Sole attraversa l'equatore passando da "sotto" a "sopra", cioè da sud a nord;
- ✓ **il Solstizio d'estate:** il Sole raggiunge il punto più settentrionale dell'eclittica;

- ✓ **l'Equinozio d'autunno:** il Sole attraversa l'equatore tornando indietro verso sud e comincia l'autunno;
- ✓ **il Solstizio d'inverno:** il Sole raggiunge il punto più meridionale dell'eclittica.

Nell'Emisfero Settentrionale, il solstizio estivo è il giorno con il maggior numero di ore di luce dell'anno, perché il Sole raggiunge la sua posizione nel cielo più alta e impiega più tempo a salire e a scendere di nuovo sull'orizzonte. Per lo stesso motivo, il solstizio invernale nell'Emisfero Nord ha il giorno più corto dell'anno.

E sulle stagioni questo è tutto.

Una stima per l'età della Terra

Il solo metodo di cui oggi disponiamo per datare oggetti molto antichi, sulla Terra o nel sistema solare, si basa sulla radioattività; alcuni elementi come l'uranio, infatti, hanno delle forme instabili note come *isotopi radioattivi*, che non rimangono fisicamente integri nel tempo, ma si trasformano in altri elementi detti anche *elementi figlio*. Il processo avviene in un determinato intervallo di tempo, detto *vita media* della sostanza radioattiva. Se la vita media di un elemento è di un milione di anni, per esempio, metà del numero di isotopi radioattivi originariamente presenti si saranno trasformati nel giro di un milione di anni, mentre l'altra metà continua a essere radioattiva. In un altro milione di anni, anche l'altra metà si sarà in parte trasformata, e dopo 2 milioni di anni, saranno ancora presenti solo un quarto degli elementi iniziali. Dopo tre milioni ne rimarrà il 12,5% e così via.

Quando l'isotopo originale, o isotopo genitore, è intrappolato insieme all'elemento figlio in un pezzo di roccia o di metallo, come per esempio un meteorite, gli scienziati riescono a contare le rispettive unità per determinare l'età della roccia con un processo chiamato *datazione radiometrica*.

Gli scienziati hanno usato la datazione radiometrica per determinare che le rocce più vecchie sulla Terra hanno 3,8 milioni di anni. Ma la Terra è senza dubbio ancora più vecchia, e i fenomeni come l'erosione, l'orogenesi, il vulcanismo (cioè l'eruzione di roccia fusa dalle profondità della Terra,

inclusa la formazione di nuovi vulcani) distruggono costantemente le rocce di superficie, per cui quelle originarie coeve della Terra non ci sono ormai più da un bel pezzo.

I meteoriti, invece, mostrano età radiometriche di 4,6 milioni di anni. Sono considerati detriti di asteroidi e, a loro volta, gli asteroidi sono detriti dei corpi del sistema solare originario che risalgono a quando si sono formati i primi pianeti (per approfondire gli asteroidi, vedi [Capitolo 7](#)).

Così, gli scienziati ritengono che la Terra e gli altri pianeti abbiano circa 4,6 milioni di anni. La Luna, però, è un po' più giovane, come spiegherò nel prossimo paragrafo.

Il senso della Luna

La Luna ha un diametro di 3.476 chilometri, poco più di un quarto del diametro terrestre. Non possiede un'atmosfera degna di nota, ci sono solo tracce d'idrogeno, elio, neon e atomi di argon insieme ad altri elementi in percentuali ancora minori. È composta quasi completamente da roccia (vedi [Figura 5.3](#)) e alcuni esperti credono che possa avere un piccolo nucleo di ferro fuso. La sua massa è solo 1/81 di quella terrestre, mentre la densità è 3,3 volte quella dell'acqua, dunque minore di quella terrestre che è di 5,5 volte la densità dell'acqua.

I paragrafi che seguono vi spiegheranno tutti i segreti delle fasi lunari, delle sue eclissi e della geologia del satellite, oltre a fornirvi una serie di consigli utili su come osservare le proprietà di questo corpo celeste. Infine, vi renderò partecipi di una delle teorie più accreditate sull'origine della Luna.

Figura 5.3 La Luna è un satellite roccioso pieno di canali, crateri e pianure di lava secca.

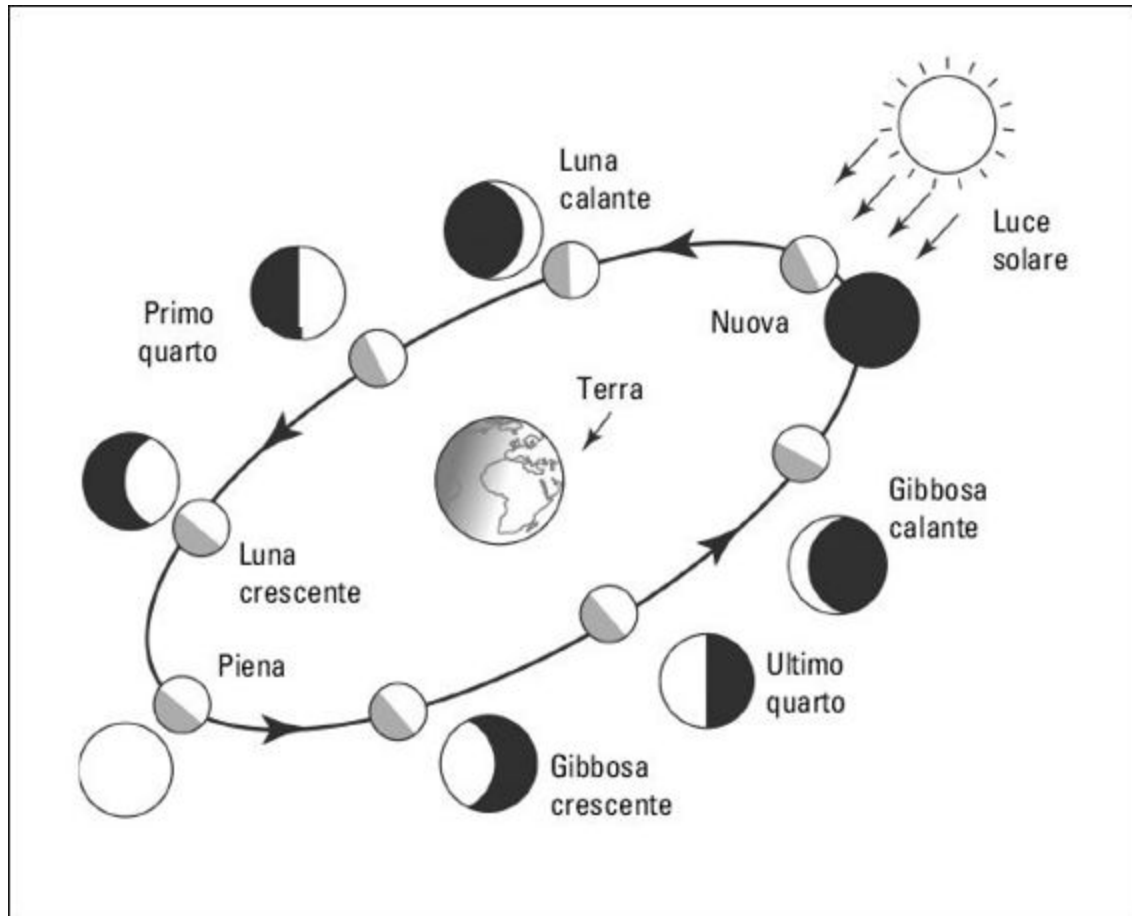


Per concessione della NASA.

Come identificare le fasi della Luna per essere pronti a ululare

Una metà della Luna è sempre illuminata dal Sole, mentre l'altra metà è sempre in ombra, fatta eccezione per i periodi di eclissi di cui parlerò nel paragrafo successivo. Però, contrariamente alle credenze popolari, gli emisferi, quello illuminato e quello buio, non corrispondono ai lati più vicino e più lontano del satellite rispetto alla Terra. La faccia vicina e quella lontana, infatti, sono sempre le stesse, mentre la metà lunare illuminata (o al buio) è quella rivolta (od opposta) al Sole e cambia di continuo mentre la Luna gira intorno alla Terra (vedi [Figura 5.4](#)).

Figura 5.4 Le fasi della Luna.



La *Luna nuova* o *lunazione*, è l'inizio del ciclo mensile lunare. In questa fase, la faccia rivolta alla Terra e opposta al Sole ci appare scura. Poche ore (o giorni) dopo, la fase diventa di *Luna crescente*, perché l'area luminosa sta aumentando e la Luna, mentre orbita intorno al nostro pianeta, si allontana dall'asse Terra-Sole. Una metà della Luna è sempre rivolta al Sole, ma durante la Luna crescente non vediamo che una minima parte di questo emisfero, rivolto quasi completamente dalla parte opposta alla Terra.

Passando alla fase successiva, la Luna arriva al punto dove l'asse Terra-Luna è ortogonale a quello Terra-Sole, per cui vediamo metà superficie, detta anche *quarto di Luna*, perché in effetti è un quarto dell'intera superficie lunare.

Quando la parte illuminata della Luna continua a crescere e supera il quarto, siamo nella fase di *gibbosa crescente*; la fase successiva vede la Luna nel punto più lontano della sua orbita, opposta al Sole rispetto alla Terra, per cui l'emisfero rivolto alla Terra è completamente illuminato e abbiamo la

Luna piena. Continuando in questo ciclo, la parte illuminata comincia a diminuire, la Luna diventa di nuovo gibbosa, ma questa volta *gibbosa calante*, perché questa fase vede l'area illuminata decrescere verso il quarto di superficie, che raggiunge esattamente nella fase successiva detta di *ultimo quarto*. Da qui, avvicinandosi all'asse Terra-Sole, la Luna diventa calante e l'ultima fase la riporta all'inizio del ciclo.

L'intervallo di tempo tra due Lune nuove si chiama *mese sinodico* e dura in media 29 giorni, 12 ore e 44 minuti.

Spesso, le persone si domandano come mai non è possibile osservare un'eclissi di Sole ogni mese in occasione della Luna nuova; il motivo è che l'allineamento del sistema Terra-Luna-Sole non è esatto per ogni Luna nuova, e solo in condizioni di perfetto allineamento si verifica un'eclissi (vedi [Capitolo 10](#)). Invece, quando i tre corpi celesti sono esattamente sulla stessa linea in occasione della Luna piena si verifica un'eclissi lunare.

Anche la Terra ha le sue fasi! Ma per vederle occorre andare nello spazio e guardare la Terra da una certa distanza. Quando sulla Terra c'è Luna piena, un osservatore sul lato opposto della Luna potrà vedere una "Terra nuova" mentre quando i terrestri osservano una Luna nuova, il nostro osservatore sulla Luna vedrà una "Terra piena".

Nell'ombra: guardare le eclissi lunari

Un'eclissi di Luna si verifica quando la Luna piena è esattamente sull'asse tra la Terra e il Sole e il satellite viene così a trovarsi nel cono d'ombra della Terra. L'eclissi di Luna è osservabile in piena sicurezza, a meno che non vi scontriate con qualche oggetto nel buio della strada.



Durante un'eclissi totale di Luna è ugualmente possibile vedere il nostro satellite, sebbene immerso nell'ombra della Terra (vedi [Figura 5.5](#)). Una quantità minima di luce, infatti, mentre passa vicino ai bordi del disco terrestre arriva lo stesso sulla Luna, non direttamente dal Sole, ma curvata dall'atmosfera della Terra.

Passando attraverso l'atmosfera, la luce è fortemente filtrata, e praticamente solo la luce rossa o arancione riesce a passare e ad arrivare fino al satellite. Questo effetto scintillante varia da eclissi a eclissi, e dipende dalle condizioni meteorologiche e dalle nuvole dell'atmosfera. Perciò, l'eclissi totale di Luna può apparire di volta in volta arancione, rossastra oppure di un rosso molto scuro. A volte capita che la Luna si intraveda appena.

Fino al 2025, le prossime eclissi totali di Luna avverranno nelle date seguenti:

15 aprile 2014

8 ottobre 2014

4 aprile 2015

28 settembre 2015

31 gennaio 2018

27 luglio 2018

21 gennaio 2019

26 maggio 2021

16 maggio 2022

8 novembre 2022

14 marzo 2025

7 settembre 2025



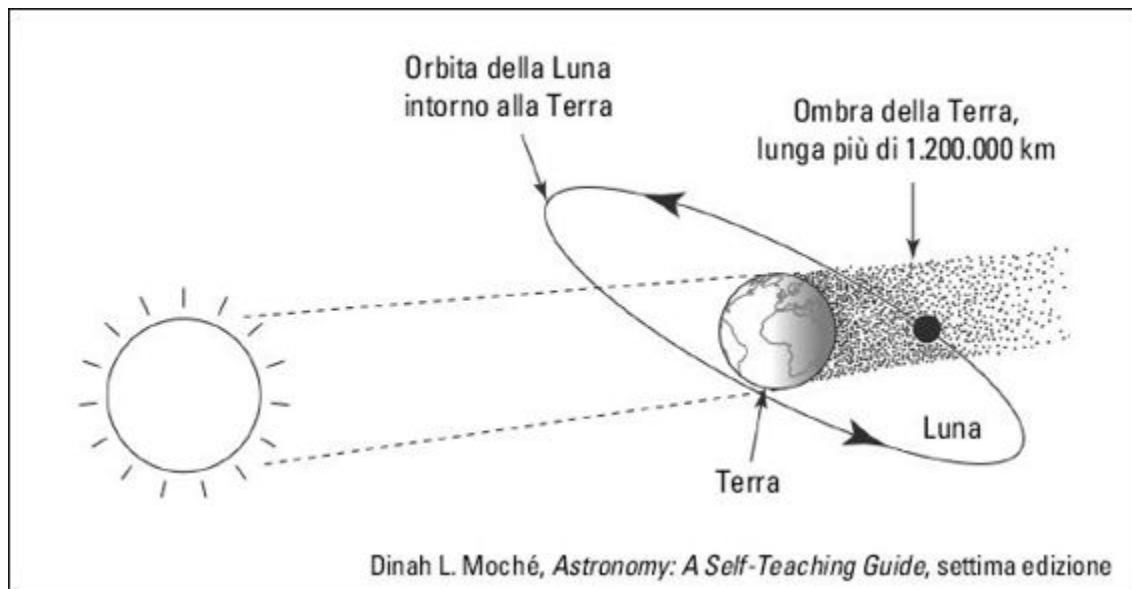
Se volete prepararvi per la prossima eclissi, cercate informazioni dettagliate sul momento esatto e sul luogo preciso in cui si verificherà, per esempio sulle riviste *Astronomy* e *Sky &*

Telescope oppure sui loro siti web (www.astronomy.com e www.skyandtelescope.com).

Le eclissi di Luna o di Sole hanno la stessa probabilità di verificarsi, ma quelle lunari si vedono più spesso perché le eclissi totali di Sole sono visibili soltanto in una banda molto stretta di territorio, chiamata *fascia di totalità* o *cono d'ombra*. Invece, quando l'ombra della Terra cade sulla Luna, l'eclissi è visibile su tutto il pianeta dove il Sole è già tramontato.

Le eclissi parziali sono piuttosto interessanti. Durante questi eventi, solo una parte della Luna cade nel cono d'ombra della Terra, e se non sapete che è in corso un'eclissi e che quella notte ci dovrebbe essere la Luna piena, non vi potete accorgere di essere in presenza di questo fenomeno astronomico piuttosto insolito. Lo considererete semplicemente come un quarto di Luna qualsiasi; però, nel giro di un'ora o due, la Luna tornerà piena, non appena sarà uscita dall'ombra del nostro pianeta.

Figura 5.5 Un'eclissi totale di Luna.



Roccia massiccia: la geologia lunare

La Luna è butterata da crateri di ogni dimensione, da minuscoli avvallamenti fino a bacini del diametro di centinaia di chilometri, come il

Bacino Polo Sud-Aitken, largo circa 2.600 km, il più grande di tutti. Questi crateri sono stati generati da oggetti celesti (asteroidi, meteoroidi e comete) che si sono schiantati sul satellite soprattutto in epoche remote.

I crateri microscopici rinvenuti dagli scienziati sulle rocce che gli astronauti hanno riportato a Terra dalla superficie lunare sono causati dalle micrometeoriti, cioè dalle microscopiche particelle di roccia che si propagano nello spazio. Tutti i crateri e anche i bacini sono noti con il nome di *crateri d'impatto*, per distinguerli dai crateri vulcanici.

La Luna, infatti, è stata soggetta a fenomeni di vulcanismo, ma in una forma diversa da quella terrestre. Sul nostro satellite non esistono vulcani intesi come grandi montagne con un cratere sulla cima. Il vulcanismo si manifesta con delle piccole cupole vulcaniche, ovvero delle colline vulcaniche arrotondate, come si verifica anche in qualche regione della Terra. Inoltre, sono presenti sinuosi canali che rigano la superficie lunare, chiamati canali, che sembrano essere delle colate laviche e presentano similitudini con delle analoghe formazioni che si trovano in alcune regioni terrestri, come il Lava Beds National Monument nel nord della California. Ancora più interessante in tal senso è la presenza di enormi pianure di lava solidificata, chiamate *maria*, dalla parola latina che indica il “mare” e, che riempiono il fondo di vasti crateri d'impatto (quando guardate il satellite e vedete “l'Uomo della Luna”, sappiate che parte della sua figura è composta da maria).

Prima dell'epoca moderna, alcuni scienziati credevano che i mari fossero degli oceani veri e propri, ma in questo caso dovrebbero essere evidenti delle riflessioni chiare del Sole, proprio come quando si guarda il mare di giorno da un aereo. La porzione più ampia e luminosa dell'Uomo della Luna è costituita dagli *altipiani* lunari, delle aree segnate da profondi crateri. Anche i mari hanno i propri crateri, ma con una densità molto minore degli altipiani, segno che i mari sono più giovani. Impatti catastrofici hanno creato i bacini dove si trovano i mari nascondendo crateri preesistenti; successivamente, la lava da sotto la superficie riempì questi bacini livellando e cancellando i crateri formati dopo gli impatti più devastanti. Pertanto, tutti i crateri visibili nei mari si sono formati dopo la solidificazione della lava.

C'è ghiaccio sulla Luna?

La superficie lunare è coperta dal cosiddetto suolo lunare, che consiste di fine sabbia rocciosa proveniente dagli innumerevoli impatti di meteoroidi e asteroidi che hanno bombardato la Luna per millenni, creando crateri e polverizzando le rocce. In molti casi, molecole d'acqua ghiacciate sono attaccate alle particelle di polvere, specialmente sul fondo dei crateri in prossimità dei poli lunari. In quelle regioni, infatti, il Sole non si presenta mai alto nel cielo, e i bordi dei crateri mantengono in ombra parte dei pavimenti, i luoghi più freddi della Luna. In almeno uno di questi crateri del Polo Sud la temperatura scende sotto i $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Insieme alle molecole d'acqua sono presenti atomi di argento e mercurio.

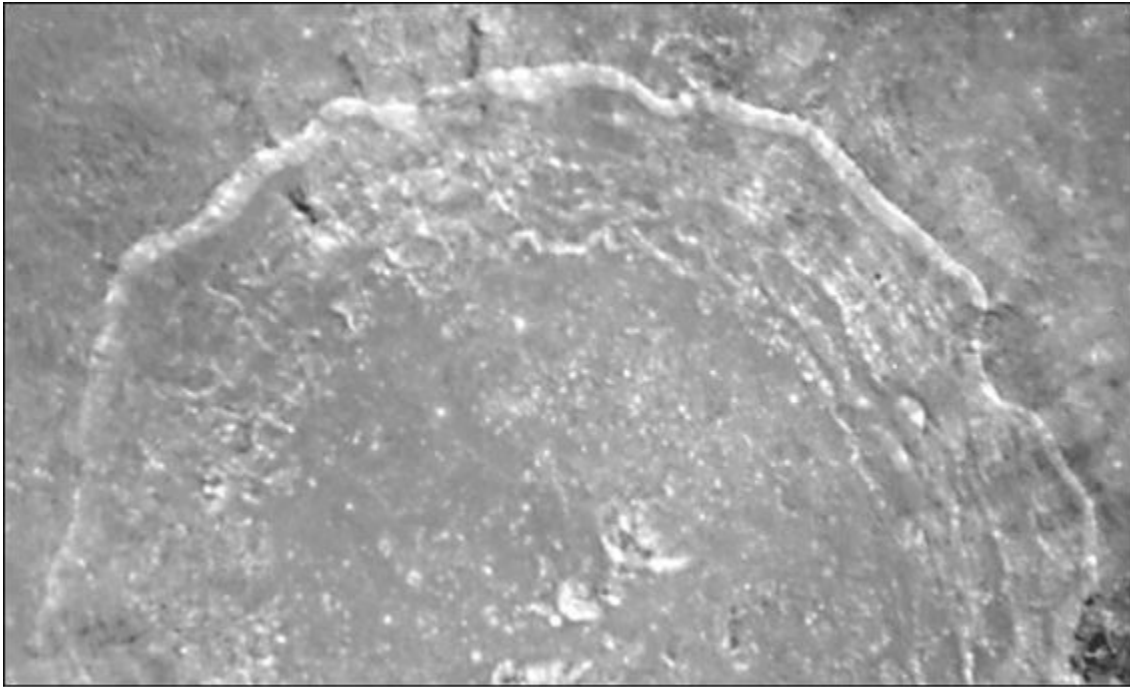
E adesso siete pronti per le vostre prime osservazioni lunari?

L'osservazione del lato vicino

Tra i corpi celesti che si possono osservare, la Luna è forse il più gratificante; è infatti di facile osservazione anche in condizioni di visibilità scarsa, con un cielo caliginoso o parzialmente coperto da nuvole; a volte si vede anche di giorno. I crateri sono visibili anche con i telescopi più piccoli, inoltre, con un telescopio piccolo ma di alta qualità, potrete godervi centinaia di formazioni, come crateri d'impatto, maria, altipiani, canali e altro ancora, tra cui:

- ✓ **i picchi centrali:** sono montagne di detriti e macerie sbalzati dal rinculo lunare durante un impatto imponente. Si trovano in molti crateri, ma non in tutti;
- ✓ **le montagne lunari:** sono i bordi dei crateri più grandi o dei bacini d'impatto, a volte parzialmente distrutti da impatti successivi, che hanno lasciato parti isolate dei loro muri come fossero montagne, anche se diverse dalle montagne terrestri;
- ✓ **i raggi:** sono linee brillanti composte da detriti polverizzati sollevati da determinati impatti. Si estendono radialmente in uscita da crateri d'impatto giovani e brillanti, come Tycho e Copernicus (vedi [Figura 5.6](#)).

Figura 5.6 Il cratere lunare Copernicus, visto da vicino con l’Hubble Space Telescope.



Per concessione di John Caldwell (York University, Ontario), di Alex Storrs (STSci) e della NASA.



Per distinguere con il telescopio i diversi crateri, canali e montagne lunari, avete bisogno di una mappa lunare, meglio anche più di una, che si trova a un prezzo ragionevole nei negozi specializzati di astronomia e altri hobby scientifici, e a volte anche nei negozi che vendono carte geografiche. In alternativa si trovano anche online:

- ✓ Orion Telescopes & Binoculars (www.telescope.com), dove troverete mappe e guide utili all’osservazione della Luna;
- ✓ il sito www.skyandtelescope.com vende le mappe lunari disegnate dal cartografo Antonin Rükl.

Ricordatevi sempre che le mappe in vendita riportano una sola faccia della Luna, quella visibile da Terra, l’unica che vi serve davvero.



Qualunque sia l'oggetto che desiderate studiare, il momento migliore per l'osservazione è quello in cui l'oggetto è vicino al cosiddetto *terminatore* (*zona crepuscolare* o più semplicemente *linea grigia*), cioè la linea che separa il lato chiaro da quello scuro, il giorno dalla notte: i dettagli, infatti, sono molto più evidenti quando li osservate nella regione del lato chiaro prossima al terminatore. La zona crepuscolare si sposta gradualmente lungo la superficie lunare passando da un lato all'altro in circa un mese, corrispondente in prima approssimazione all'intervallo tra due Lune piene successive. A seconda del giorno del mese, il terminatore sarà il punto sulla superficie lunare dove sorge il Sole, oppure dove tramonta. La lunghezza dell'ombra è massima al tramonto o all'alba, proprio come sulla Terra, mentre si riduce al minimo quando il Sole è alto nel cielo. Così, come sulla Terra, anche per la Luna l'altezza di un oggetto è misurabile conoscendo l'altezza del Sole e valutando la lunghezza dell'ombra proiettata: come insegna l'esperienza comune, più l'ombra è lunga, più l'oggetto che la produce sarà alto.

Lo scintillio della Terra

Osservando la Luna noterete che la parte scura oltre il terminatore non è esattamente nera come la pece, al contrario, anche se il Sole non la illumina, si scorge un tenue bagliore: è lo scintillio terrestre, analogo alla luce rossastra della superficie lunare durante un'eclissi totale di Luna descritta in precedenza. Lo scintillio terrestre non è altro che luce solare filtrata dall'atmosfera della Terra (come al tramonto o all'alba, resta solo la parte di spettro luminoso più rossiccia o arancione) e deviata a sufficienza da arrivare sulla Luna e riflettere un tenue bagliore. Lo scintillio si vede più facilmente durante la Luna crescente, mentre scompare durante la Luna piena.

Disegni della Luna

La Luna è molto corteggiata, osservata e fotografata; l'individuazione dei maria, dei crateri e delle altre particolarità topografiche indicate sulle mappe lunari regala grandi emozioni. Tuttavia, c'è un altro hobby molto diffuso tra gli astronomi amatoriali: disegnare i dettagli della Luna così come si vedono al telescopio. Con un po' di talento artistico, i disegni lunari diventano un hobby astronomico perfetto. La Luna, infatti, è l'unico corpo celeste di cui si individuano facilmente i rilievi, così è possibile eseguire disegni tridimensionali dei paesaggi lunari, disegnandoli proprio come si vedono al telescopio. Per tutti gli altri oggetti astronomici il telescopio non basta: se si vuole disegnare a rilievo, occorre una foto ravvicinata presa da una sonda. Una guida meravigliosa per questo tipo di hobby è *Sketching the Moon: An Astronomical Artist's Guide*, di Richard Handy, Deidre Kelleghan, Thomas McCague, Erika Rix e Sally Russell, che offre esempi illustrati e consigli passo passo per eseguire disegni della Luna vista al telescopio, tenendo conto del gioco di luci e ombre offerto dalla desolata superficie lunare.



Il momento più sfavorevole per l'osservazione lunare è proprio la fase della Luna piena, durante la quale il Sole è alto nel cielo lunare su tutta la faccia visibile del satellite e, in questo modo, le ombre proiettate dai rilievi sono poche e cortissime; viene a mancare un preziosissimo aiuto per vedere e apprezzare le ondulazioni e le differenze di altezza del paesaggio.

Passiamo al lato oscuro

Per osservare la Luna non occorre una mappa del lato oscuro, perché dalla Terra non si vede: la vista è impedita dalla sincronia della rotazione lunare, che impiega lo stesso tempo a ruotare su se stessa e a fare un giro intorno

alla Terra (infatti il periodo orbitale della Luna è di circa 27 giorni, 7 ore e 43 minuti), così la Luna mostra sempre la stessa faccia alla Terra.

Per fortuna, i negozi di astronomia e di strumenti scientifici vendono anche atlanti che mostrano tutte e due le facce, grazie alle foto prese dalle sonde spaziali. Fu il programma spaziale sovietico a raggiungere per primo la faccia scura della Luna, con un satellite lanciato agli inizi della corsa allo spazio; da allora moltissime missioni hanno contribuito alla mappatura lunare completa, compresi i programmi Lunar Orbiters, Clementine e Lunar Reconnaissance Orbiter.

Citizen scientist lunari

Se volete studiare la Luna senza telescopio e dal salotto di casa, basta che vi connettiate al sito <http://cosmoquest.org/mappers/moon>, per poi cliccare su “Simply Craters” e seguire le facili istruzioni. Imparerete a identificare i crateri minori della Luna grazie alle fotografie della missione NASA Lunar Reconnaissance Orbiter.

Crema solare, bombole d’ossigeno e cappotto: sperimentiamo le condizioni estreme della Luna

Sotto il Sole, la superficie lunare raggiunge i 117 °C; di notte, invece, la temperatura sprofonda a -169 °C. Questa escursione termica tanto estrema è causata dall’assenza di un’atmosfera significativa in grado di isolare la superficie e di ridurre le dispersioni di calore durante la notte. Inoltre, la Luna non possiede acqua liquida: perciò è sempre troppo calda, troppo fredda o troppo secca per ospitare la vita, almeno per quanto ne sappiamo. Quasi dimenticavo, non dimenticativi anche le bombole d’ossigeno! Sulla Luna non c’è aria da respirare.

Un impatto devastante: una teoria sull’origine della Luna

Gli scienziati hanno molte informazioni sull'età delle rocce di varie parti della Luna, grazie alla datazione radiometrica del quintale di roccia lunare riportato a terra dagli equipaggi delle missioni Apollo della NASA, allunate in momenti successivi tra il 1969 e il 1972.

Prima delle missioni Apollo, molti esperti di gran calibro credevano che la Luna sarebbe diventata la stele di Rosetta del sistema solare; ed erano convinti che senz'acqua liquida in superficie, senza atmosfera e senza vulcani attivi, i fenomeni di erosione e di trasformazione delle rocce sarebbero stati minimi, lasciando sulla superficie una grande quantità di materiale primordiale risalente alla nascita della Luna e dei pianeti. Purtroppo, i campioni riportati dalle missioni Apollo demolirono questa teoria.

Nel momento in cui una roccia si fonde per poi raffreddarsi e cristallizzarsi, i suoi orologi radioattivi si azzerano. Gli isotopi radioattivi ricominciano da capo la produzione di elementi figli che restano intrappolati nei nuovi cristalli di fresca formazione. Le rocce riportate dagli Apollo mostrarono che tutta la superficie lunare, e anche uno strato profondo della crosta, si era solidificata circa 4,5 miliardi di anni fa, quindi 100 milioni di anni dopo la formazione della Terra; inoltre, le rocce lunari sono totalmente secche, al contrario di quelle terrestri che contengono quasi sempre molecole d'acqua intrappolate nelle strutture minerali.

Per spiegare queste evidenze sperimentali e rispondere anche alle obiezioni preesistenti delle vecchie teorie, fu formulata la teoria del Grande Impatto, secondo cui la Luna sarebbe composta da materiale espulso dal mantello terrestre (lo strato compreso tra la crosta e il nucleo) in seguito alla collisione con un corpo enorme, con una massa fino a tre volte quella di Marte, che colpì di striscio la Terra. L'enorme impatto sulla giovane Terra causò l'espulsione nello spazio di un'ingente quantità di materia sotto forma di vapore di roccia rovente, che si condensò e solidificò come avviene con fiocchi di neve che, urtandosi tra loro, cominciarono ad aggregarsi. Gli ultimi grandi impatti degli aggregati di roccia, in particolare, rilasciarono tanto calore da fondere insieme ogni cosa. I crateri, invece, sono stati causati da impatti successivi, la maggioranza dei quali è datata intorno ai 3 milioni di anni.

La Luna è molto meno densa della Terra nel suo complesso, ma la densità lunare è molto simile a quella del solo mantello terrestre, il che si accorda bene con la teoria che il mantello terrestre sia l'origine della roccia lunare (la densità è una misura della quantità di materia che occupa un dato volume. Due palle di cannone di pari diametro hanno lo stesso volume, ma se una è fatta di piombo e l'altra di legno, la prima è più densa e pesante). Questa teoria implica l'assenza di un nucleo di ferro, sulla Luna, oppure la presenza di un nucleo molto piccolo. Se ci fosse un nucleo piccolo in un corpo non enorme come la Luna, questo si dovrebbe essere solidificato da molto tempo. Al contrario, alcune teorie ipotizzano la presenza di un nucleo di ferro fuso: la missione GRAIL (Gravity Recovery and Interior Laboratory) della NASA, lanciata nel 2011, dovrebbe svelare il mistero.

La teoria del Grande Impatto è al momento l'ipotesi migliore, ma non abbiamo ancora una prova schiacciante. Per esempio, questa teoria predice l'inesistenza di particolari rocce nei campioni di materiale prelevato dalle missioni Apollo, ma qualche astronomo è convinto che quel tipo di rocce sia presente sul fondo dei crateri più grandi, che si sono prodotti attraverso lo smottamento della roccia lunare di profondità negli impatti con gli asteroidi maggiori. Le rocce del cratere Polo Sud-Aitken potrebbero provenire proprio da quella regione del sottosuolo lunare che si trovava sotto lo strato che si fuse alla formazione del satellite. Uno studio approfondito di queste rocce potrebbe confermare se la teoria di Grande Impatto è corretta. Il cratere Polo Sud-Aitken è il più grande della Luna, ma anche del sistema solare, e suscita da sempre dibattiti accesi e controversi. Alcuni esperti ritengono che le rocce del cratere non provengono da profondità sufficienti a testare la teoria. Quel che è peggio è che tutti i progetti di nuove esplorazioni di quel cratere con astronauti o sonde robotiche sono attualmente sospese, vittime delle lotte interne alla NASA per disegnare la strategia del nuovo programma lunare.

La verifica della teoria del Grande Impatto avrebbe a sua volta un gigantesco impatto sulla scienza, ma attenzione, vi conviene non aspettare con il fiato sospeso: è probabile che ci vorranno davvero moltissime lunazioni per ottenerla.

Spero che abbiate apprezzato questa descrizione della Luna e che non ci rimaniate troppo male se il nostro satellite ci sta lasciando: pur continuando

a orbitare intorno al pianeta, infatti, si allontana molto lentamente dalla Terra, di circa un centimetro all'anno, anche se l'orbita completa dura una frazione di secondo in più.

Capitolo 6

I vicini della Terra: Mercurio, Venere e Marte

In questo capitolo

- ▶ Incontrare Mercurio, il pianeta più vicino al Sole
- ▶ Scoprire Venere, rovente e battuto da piogge acide
- ▶ Scoprire Marte, dove stiamo cercando l'acqua e la vita
- ▶ Comprendere che cosa rende speciale la Terra
- ▶ Trovare i nostri vicini nel cielo e osservarli

Mercurio, Venere e Marte sono i pianeti rocciosi vicini alla Terra: li potete individuare a occhio nudo e poi esplorare con un telescopio. Ma vi lasceranno con l'acquolina in bocca rivelandovi solo una piccola parte della loro reale natura. La maggior parte di quello che gli scienziati conoscono sulle loro caratteristiche fisiche, geologiche e storiche si basa sulle immagini e le misure inviate sulla Terra dalle sonde interplanetarie.

Mercurio è stato visitato da due astronavi della NASA, una lo ha sorvolato tre volte, l'altra ne ha agganciato l'orbita. Svariate sonde sono invece state inviate su Venere, orbitando intorno al pianeta e addirittura scendendo sul suolo. Quanto a Marte, è stato l'obiettivo di numerose missioni con sonde, moduli di atterraggio e rover robotizzati. Ma alcuni hanno agganciato l'orbita marziana, mentre altri, purtroppo, hanno completamente mancato il pianeta o ci si sono schiantati contro.

In questo capitolo vi fornirò tutti i più affascinanti dettagli sui pianeti del sistema solare più vicini alla Terra, insieme a qualche utile consiglio per meglio osservarli.

Mercurio: strano, rovente e metallico

Gli astronomi possiedono argomenti a prova di bomba sul fatto che Mercurio sia un pianeta davvero bizzarro. Non è fatto prevalentemente di roccia, come la Terra, la Luna, Venere o Marte: la gran parte del pianeta è invece composta di metallo; in pratica è una grossa palla di ferro con una sottile crosta rocciosa. La Terra ha un nucleo ferroso (vedi [Capitolo 5](#)) che si estende per circa metà della distanza tra il centro e la superficie. Al contrario, Mercurio ha un nucleo metallico che occupa l'85% del diametro, quasi completamente fuso. Inoltre, possiede un terzo strato del tutto estraneo agli altri pianeti, cioè una fascia solida di ferro e zolfo compresa tra il nucleo di ferro e la superficie rocciosa.

Ma le stranezze di Mercurio si estendono anche alla superficie, dove si trovano crateri d'impatto di notevoli dimensioni, come sulla Luna (vedi [Capitolo 5](#)), ma molti di questi sono inclinati, come se dopo la loro formazione si fossero spostati. Il cratere maggiore è il Mare Caloris, con un diametro di circa 1.600 chilometri, che non è meno strano degli altri: gran parte del cratere si solleva oltre il bordo. Provate voi a capire cosa sia potuto succedere, se ne siete capaci!



Le nostre conoscenze su Mercurio derivano soprattutto dalla sonda della NASA Messenger, ancora in orbita intorno al pianeta, e dalla Mariner 10, che, oltrepassando Venere nel 1974, visitò Mercurio per tre volte, nel 1974 e nel 1975. Sul sito principale della missione, presso l'Università Johns Hopkins (<http://messenger.jhuapl.edu>) potete leggere le ultime novità sulle scoperte che riguardano Mercurio e lo stato della missione. È anche possibile sfogliare le foto del Mariner 10 sul sito dell'Arizona State University

(http://ser.sese.asu.edu/M10/IMAGE_ARCHIVE/Mercury_search.html). E per godervi un'immagine di Mercurio andate subito alla galleria fotografica a colori di questo libro.

Di seguito, riporto alcuni punti fondamentali sul pianeta:

- ✓ Mercurio possiede catene montuose lunghe e tortuose, che attraversano i crateri d'impatto, e altre formazioni geologiche probabilmente generate dalla contrazione della crosta in solidificazione;
- ✓ possiede numerosi crateri, ma quelli piccoli sono pochi e, al contrario della Luna, la maggior parte, sono di dimensioni molto vaste;
- ✓ sono presenti grandi altipiani, anch'essi pieni di crateri, come sulla nostra Luna (Mercurio non possiede lune), ma diversamente dal nostro satellite, gli altipiani di Mercurio sono interrotti da pianure lievemente ondulate;
- ✓ agli antipodi del Mare Caloris c'è una regione di terreno fortemente sconnesso e accidentato. Probabilmente, la collisione che ha generato il Mare Caloris causò anche forti scosse sismiche che, viaggiando sulla superficie, si ricongiunsero agli antipodi con un esito catastrofico;
- ✓ proprio come la Terra, possiede un campo magnetico globale generato da una dinamo naturale nel nucleo di ferro fuso – anche se è molto più debole di quello terrestre – mentre la Luna, Venere e Marte ne sono del tutto sprovvisti;
- ✓ ha un'incredibile escursione termica che va dai 465 °C durante il giorno ai -190 °C della notte.

La chimica di Mercurio è strana, nel senso che in superficie presenta ingenti quantità di elementi volatili (facilmente evaporabili) come il potassio, il sodio e lo zolfo, una scoperta che mette a dura prova gli astronomi intenti a trovare una spiegazione per la composizione prevalentemente ferrosa del pianeta. Alcune vecchie teorie partono dal presupposto che, in passato, possedesse una porzione di crosta rocciosa ben più estesa di quella attuale, e che somigliasse maggiormente alla Terra o alla Luna. Successivamente, la

maggior parte della roccia esterna deve essere stata espulsa attraverso diversi possibili meccanismi, ma tutti accomunati da una forza tale da vaporizzare il potassio, il sodio e lo zolfo che ora ricoprono la superficie del pianeta.

Arso, acido e collinoso: state alla larga da Venere

Su Venere non ci sono belle giornate di Sole: dall'equatore ai poli, il pianeta è coperto perpetuamente da uno strato di 15 chilometri di nuvole composte di acido solforico concentrato. La superficie non ha mai sollievo dal calore: Venere è il pianeta più caldo del sistema solare, con una temperatura superficiale di 465 °C molto uniforme e costante, dall'equatore al polo, di giorno e di notte.

Se il caldo vi sembra già abbastanza insopportabile, è meglio che non guardiate la pressione atmosferica: vale circa 93 volte quella terrestre sulla superficie del mare, anche se di mari qui non vedrete l'ombra, non essendoci acqua. Perciò, vi potrete lamentare del caldo, ma non certo dell'umidità: si tratta di un caldo bello secco, come in certe regioni del Sud Italia.

Il meteo, su Venere, non è dei migliori: tutto il pianeta è battuto da una pioggia continua e incessante di acido solforico; l'unica buona notizia è che in realtà questa pioggia è *virga*, cioè pioggia che non arriva al suolo, ma evapora prima.

La temperatura rovente di Venere è la conseguenza di un effetto serra estremo; in parole semplici, la spessa atmosfera composta per il 95% di anidride carbonica e priva di ossigeno, insieme alle nuvole di acido solforico, intrappolano la maggior parte della luce solare che arriva sul pianeta riscaldando la superficie e l'aria prossima al suolo, che rilasciano calore sotto forma di radiazione infrarossa. Mentre sulla Terra, durante la notte, gran parte di questa radiazione si disperde nello spazio raffreddando la superficie, su Venere, al contrario, l'anidride carbonica intrappola l'infrarosso arroventando il pianeta.

Praticamente tutte le meravigliose fotografie di Venere che trovate sul sito della NASA e sugli altri, non sono affatto delle foto, ma delle mappe radar dettagliate, raccolte dalla navicella spaziale Magellano della NASA. Le nuvole del pianeta, infatti, impediscono la vista ai telescopi sulla Terra e a qualsiasi fotocamera su un satellite orbitante intorno a Venere. Le nuvole si trovano a un'altezza di 65 chilometri dal suolo, molto più in basso delle orbite possibili per un satellite.



Le poche immagini di Venere a nostra disposizione, scattate da sonde lanciate dall'ex-Unione Sovietica e atterrate sulla sua superficie, mostrano delle aree di pietra pianeggiante separate da piccole porzioni di terra. Le placche rocciose somigliano ai basalti lavici che vediamo sulla Terra, anche se su Venere la superficie appare di color arancione, perché la spessa coltre di nubi filtra la luce solare. Le mappe radar da satellite, le foto della superficie dai moduli spaziali atterrati sul suolo e altre informazioni si possono consultare sul sito del Views of the Solar (www.solar-views.com/eng/venus.htm). Ma anche nella sezione fotografica di questo libro troverete una bella foto a colori di Venere).

La superficie di Venere è coperta per l'85% da vaste pianure, in realtà bassipiani vulcanici solcati da canali e tortuosi canyon lasciati da fiumi di lava, tra cui troviamo il più lungo del sistema solare: la Valle di Baltis, che si snoda sulla superficie per 6.800 chilometri. Sono presenti anche altipiani craterizzati e alture piatte e deformate. Il pianeta non è punteggiato da molti crateri, almeno non quanti ve ne potreste aspettare dopo le immagini della Luna e di Mercurio. Non esistono crateri piccoli, ne troviamo solo pochi grandi: la superficie di Venere, infatti, è stata inondata di lava e ridisegnata dai fenomeni vulcanici, cioè dall'eruzione di roccia fusa proveniente dall'interno del pianeta dopo la fine del bombardamento cosmico di oggetti spaziali che hanno prodotto i crateri sui pianeti dell'interno sistema solare. L'allagamento lavico e l'opera vulcanica hanno cancellato quasi tutti i crateri originari, mentre un numero ridotto di altri corpi celesti si sono

schiantati su Venere dopo la distruzione delle tracce degli impatti precedenti. I corpi di piccole dimensioni non lasciano crateri su Venere, gli attriti aerodinamici della spessa atmosfera del pianeta, infatti, distruggono completamente in volo ogni corpo potenzialmente capace di creare un cratere fino a 2 o 3 chilometri di diametro.

La superficie presenta anche grossi vulcani e catene montuose, ma nulla che somigli alle montagne non vulcaniche presenti sulla Terra, come le Rocky Mountains negli Stati Uniti occidentali, l'Himalaya in Asia oppure le Alpi in Europa, che sono stati creati dalla dinamica delle placche tettoniche che si scontrano con enormi pressioni.

Inoltre, Venere non ha vulcani come il “Cerchio di Fuoco” del Pacifico che sono nati sui limiti delle placche tettoniche e, contrariamente alla Terra, non esiste neppure un fenomeno come la deriva dei continenti.

La superficie è perciò diversa da quella della Terra, anche se troviamo una somiglianza interessante nel sottosuolo. La sonda Venus Express dell'Agenzia Spaziale Europea ha identificato dei *punti caldi*, cioè delle aree che sono significativamente più calde di quelle circostanti. Gli astronomi credono che i punti caldi siano regioni dove lingue di magma bollente emergono dalle profondità. La Terra ha delle caratteristiche simili, note come *pennacchi del mantello*, nelle regioni dove si trovano i vulcani attivi lontani dalle linee di faglia della tettonica, come per esempio alle isole Hawaii (per saperne di più sulla tettonica delle placche, vedi [Capitolo 5](#)).

Rosso, freddo e desolato: Marte e i suoi misteri

Gli scienziati hanno mappato la superficie di Marte con grande accuratezza, misurando l'altezza delle montagne, dei canyon e di altre strutture topografiche. Sul sito web della NASA, <http://tharsis.gsfc.nasa.gov/ngs.html>, potete trovare la carta geografica del pianeta ricavata dai dati di due strumenti trasportati a bordo del Mars Global Surveyor (MGS), un satellite rimasto nell'orbita marziana dal 1997 al 2006. Il primo, un altimetro laser, sparava impulsi di luce sul pianeta per misurare l'altezza delle superfici che li riflettevano, mentre il

secondo, una fotocamera, prendeva immagini della conformazione del territorio.

La missione MGS era ancora in corso quando la NASA mandò su Marte un'altra navicella spaziale, il Mars Odyssey, che cominciò a orbitare intorno al pianeta rosso nell'ottobre del 2001 (potete vedere le sue esplorazioni sul sito <http://mars.jpl.nasa.gov/odyssey>).



L'Agencia Spaziale Europea non ha la visibilità mediatica della NASA, perciò potreste non sapere che dal 25 dicembre 2003, anche l'Europa ha un suo satellite in orbita intorno a Marte, il Mars Express. Perciò, su www.esa.int/SPECIALS/Mars_Express sono disponibili anche le splendide immagini europee del pianeta rosso.

Nonostante gli scienziati possiedano molti dati sulla topografia marziana, grazie alle mappe accurate dei satelliti marziani e grazie alle altre informazioni ottenute dalle sonde atterrate sul suolo e dal rover robot mandato in esplorazione, Marte preserva ancora molti misteri che gli scienziati vorrebbero svelare.

Di seguito vi parlerò delle teorie sull'acqua e sulla vita di Marte, ma prima ricordatevi di ammirare il pianeta nella galleria fotografica del libro.

Dov'è sparita tutta l'acqua?

La mappa topografica di Marte mostra che gran parte dell'Emisfero Nord è molto più basso di quello Sud. Alcuni astronomi credono che questa regione arida fosse un tempo un oceano, essendo piena di conformazioni che ricordano antichi litorali. Gli scienziati, allora, hanno usato un radar presente a bordo della Mars Express, capace di esplorare il sottosuolo per sondare in profondità le regioni sospette di essere antiche spiagge. Nel 2012 i dati hanno mostrato che lo strato immediatamente sotto la superficie somiglia a un deposito sedimentario, cioè a un aggregato di frammenti rocciosi, terra e sabbia, che si deposita in genere sul fondo di masse

acquatiche. L'eventuale sedimento si depositò presumibilmente durante la presenza dell'antico oceano. Alcuni esperti sono ancora scettici al riguardo, ma personalmente ormai ne sono convinto, invece.

Anche se le basse terre del Nord potrebbero non essere state un antico sito oceanico, esistono in ogni caso altre evidenze del fatto che Marte, un tempo, possedesse l'acqua:

- ✓ oggi Marte è freddo e arido, ma ai poli ci sono grandi quantità di ghiaccio. Una stima ipotizza che ci sia ghiaccio a sufficienza per inondare l'intero pianeta con un livello delle acque di 30 metri, se si sciogliesse (ma il pianeta è troppo freddo perché il ghiaccio polare si possa sciogliere);
- ✓ la presenza di alcuni canyon è compatibile con enormi inondazioni che ne devono avere scolpito i paesaggi;
- ✓ il Mars Reconnaissance Orbiter ha fotografato parecchie conformazioni piuttosto lineari che si sviluppano sui pendii scoscesi che si scuriscono durante l'estate e scompaiono gradualmente con l'arrivo dei freddi. Potrebbero essere causati da acqua salata presente in superficie che si scioglie solo nei periodi più caldi (l'acqua salata resta liquida a temperature inferiori rispetto all'acqua dolce, perciò potrebbe scorrere anche quando quella dolce si è già tutta congelata);
- ✓ in molte regioni marziane il terreno contiene elementi che si formano solo in presenza d'acqua, inclusi alcuni minerali argillosi;
- ✓ il pianeta possiede delle conformazioni geologiche che sembrano esattamente degli alvei fluviali secchi, con isole disegnate dalla corrente e ciottoli molto simili a quelli arrotondati dei torrenti. I ciottoli sono stati fotografati dalla sonda al suolo Mars Pathfinder e dal suo piccolo robot, Sojourner;
- ✓ Mars Odyssey, prendendo dati dall'orbita, ha trovato evidenze in ampie regioni marziane di grosse quantità di acqua, presumibilmente ghiacciata, appena sotto la superficie.

L'atmosfera di Marte è composta prevalentemente da anidride carbonica, come Venere, ma in questo caso è molto più sottile dell'atmosfera terrestre

o di Venere. Sono presenti anche nuvole di cristalli d'acqua ghiacciata simili ai cirri terrestri.

Durante l'inverno, parte dell'anidride carbonica in atmosferica si solidifica sulla superficie, lasciando depositi sottili di ghiaccio secco. Ai poli, dove le condizioni invernali sono pressoché costanti, una coltre di ghiaccio secco spesso riveste le calotte permanenti di acqua ghiacciata. Se in passato Marte ha avuto un oceano significa che il pianeta doveva essere molto più caldo di oggi. E se l'atmosfera di anidride carbonica allora fosse stata più spessa, avrebbe intrappolato il calore per effetto serra, come su Venere, per esempio. Infine, se un tempo Marte avesse posseduto un oceano e un'atmosfera, allora l'anidride carbonica dell'atmosfera avrebbe dovuto sciogliersi nelle acque, innescando reazioni chimiche tali da produrre carbonati, cioè minerali composti da carbonio e ossigeno. Così, questa teoria prevede la presenza di carbonati nelle rocce marziane e, nel 2010, il Mars Exploration Rover della NASA, Spirit, ha puntualmente trovato rocce con carbonati!

Anche se gli esperti di Marte continuano ad avere opinioni difformi, perciò, per me il caso è chiuso: un tempo Marte aveva un clima mite e un oceano intero di acqua liquida.

Attualmente, nelle regioni equatoriali marziane la temperatura è piuttosto tiepida nelle ore diurne, e a mezzogiorno raggiunge anche circa 17 °C. Ma occorre stare alla larga dalle notti marziane, perché dopo il tramonto si raggiungono persino i -133 °C.

Anche le stagioni sono diverse rispetto a quelle terrestri. Come ho spiegato nel [Capitolo 5](#), le stagioni della Terra sono causate dall'inclinazione dell'asse terrestre rispetto al piano orbitale intorno al Sole e non certo dalla distanza della Terra rispetto al nostro astro, le cui variazioni sono trascurabili. Su Marte, invece, si assiste a un effetto combinato dell'inclinazione dell'asse e della distanza dal Sole dei singoli segmenti orbitali. L'orbita marziana, infatti, è molto più ellittica di quella della Terra e, durante il moto orbitale, le differenze della distanza Marte-Sole sono significative. Ne risulta un ciclo stagionale molto diverso da quello terrestre: l'estate dell'Emisfero Sud è più corta e calda di quella

dell'Emisfero Nord, mentre l'inverno a Nord è più corto e temperato di quello a Sud.



Un magnetometro a bordo del Mars Global Surveyor ha scoperto nella crosta marziana lunghe strisce parallele di rocce con campo magnetico di polarità opposta. Oggi Marte non ha un campo magnetico planetario, ma questa scoperta può significare che un tempo era presente e che periodicamente si rovesciava, proprio come accade sulla Terra (vedi [Capitolo 5](#)). Questo indica anche che la crosta marziana potrebbe aver sperimentato dei processi geologici simili a quelli dei fondali marini della Terra, producendo analoghe configurazioni. Il nucleo di ferro fuso di Marte, però, deve essersi solidificato in epoca antica e perciò il campo magnetico non si genera più e il flusso di calore dall'interno verso la superficie è talmente basso che probabilmente i fenomeni vulcanici, attualmente, sono estinti.

Il vulcanismo presente su Marte deve aver prodotto dei vulcani enormi, come il Monte Olimpo, largo circa 600 chilometri e alto 24 chilometri, cinque volte più largo e tre volte più alto del più grande vulcano terrestre, Mauna Loa. Marte ha diversi canyon, tra i quali l'immenso Valles Marineris, lungo 4.000 chilometri. Infine, ci sono anche crateri, ma sono più consumati rispetto a quelli della Luna terrestre, visto che Marte ha sperimentato un processo d'erosione molto più incisivo, probabilmente causato dall'acqua responsabile di vaste alluvioni, anche se questo punto è ancora oggi controverso, come abbiamo visto.

Ci può essere vita su Marte?

Circolano molte idee sbagliate su Marte, alcune teorie potrebbero essere giuste, ma devono essere ancora dimostrate. Tutte queste ipotesi ruotano attorno alla possibilità che sul pianeta ci possa essere vita, ma la maggior parte non è più verosimile della storiella dell'astronauta di ritorno dal

pianeta che viene incalzato dai giornalisti: “Allora, c’è vita su Marte?” E che risponde: “Durante la settimana non molto, ma il sabato sera...”

La verifica delle teorie sulla vita

La prima importante speculazione sulla possibilità della presenza di vita su Marte fu scatenata dalla scoperta dei “canali” di questo pianeta. Tra coloro che ne segnalavano la presenza troviamo alcuni tra i maggiori astronomi a cavallo del XIX e del XX secolo. All’epoca, le fotografie dei pianeti non erano molto precise, perché le immagini erano per lo più rovinata dalle esposizioni troppo lunghe e sfuocate a causa degli effetti atmosferici. Perciò, gli scienziati si rifugiavano nei disegni al telescopio degli osservatori più esperti, che costituivano le migliori immagini di Marte. Alcuni di queste mostravano sulla superficie del pianeta delle strutture lineari che si allungavano e si intersecavano. L’astronomo americano Percival Lowell teorizzò che le righe rettilinee fossero dei canali, e ipotizzò che si trattasse di opere ingegneristiche di un’antica civiltà costruite per trasportare e accumulare l’acqua mentre Marte si stava inesorabilmente seccando. E concluse che i punti d’incrocio fossero vere e proprie oasi.

Con il passare degli anni, il concetto dei “canali”, insieme a tutta una serie di altre indicazioni della presenza di vita passata sul pianeta, furono falsificati uno a uno:

- ✓ nel 1965, la navicella americana Mariner 4 raggiunse Marte e le sue foto non mostrarono alcun canale, come fu verificato con maggiori dettagli dalle immagini delle sonde successive. Primo punto eliminato;
- ✓ due sonde successive, le Viking Landers, condussero su Marte esperimenti robotizzati di chimica per cercare indizi di processi biologici come la fotosintesi o la respirazione cellulare. In principio sembrava che, aggiungendo acqua al terreno marziano, le tracce cercate si presentassero, ma purtroppo molti scienziati, riprendendo la questione, ne conclusero che l’acqua stava reagendo con la terra secondo processi naturali che non implicavano la presenza passata di vita. Secondo punto eliminato;
- ✓ i Viking Orbiters, orbitando intorno al pianeta inviarono a Terra anche le immagini della superficie marziana che, in una certa regione,

mostrarono una formazione della crosta che somiglia a un volto. Anche se il mondo è pieno di montagne e formazioni naturali che somigliano ai profili di personaggi popolari o celebri, in buona fede molti si precipitarono a identificare il “volto di Marte” come un monumento eretto da una civiltà avanzata. Successivamente, le immagini a maggior risoluzione del Mars Global Surveyor mostrarono che questa formazione non somiglia affatto a un volto. Terzo punto eliminato.

Ma nonostante i tre eliminati – nel baseball sono sufficienti a concludere il turno d’attacco della squadra – l’idea della vita su Marte restò saldamente radicata. Nel 2003 gli astronomi trovarono tracce di metano, a volte detto “gas di palude”. Poiché, nelle condizioni ambientali marziane, il metano si dovrebbe dissociare rapidamente in altre sostanze, alcuni astronomi avanzarono l’ipotesi che il metano rilevato fosse stato generato di recente da primitive forme di vita (sulla Terra, per esempio, esistono i metanogeni, cioè microbi in grado di rilasciare metano). Ma anche i processi geologici marziani sono in grado di sintetizzare metano, così al momento il mistero resta intatto.

Alla ricerca di fossili

Nel 1996, alcuni scienziati analizzarono un meteorite che credevano provenire da Marte in seguito a un impatto con un asteroide o una cometa, trovando composti chimici e delicate strutture minerali che interpretarono come sottoprodotti e resti fossili di un’antica vita microscopica. Il loro lavoro è rimasto controverso e molti studi successivi ne hanno contraddetto le conclusioni. Perciò, stando alle attuali ricerche, non esiste un’indicazione chiara e incontrovertibile a favore o contraria, a proposito della presenza di vita su Marte, almeno nel passato.

L’unica strada percorribile è quella di cercare sistematicamente l’evidenza della vita, presente o passata, nelle regioni più sensate del pianeta, dove per esempio erano presenti grandi quantità d’acqua oppure strati sedimentari di fondali lacustri o marini. Sulla Terra sono proprio questo genere di posti a concentrare il maggior numero di reperti fossili.



Nel 2012, la NASA ha lanciato il Mars Science Laboratory, che trasportava il rover Curiosity. L'obiettivo della missione è l'analisi del terreno e delle rocce di Marte per verificare che le condizioni ambientali del passato fossero compatibili con la vita. Sul sito <http://marsprogram.jpl.nasa.gov/msl> potete seguire i progressi della missione e apprendere le scoperte di Curiosity a mano a mano che arrivano.

Le particolarità terrestri riviste dalla planetologia comparata

Mercurio è un piccolo mondo con temperature estreme, dotato come la Terra di un campo magnetico planetario, ma meno intenso. Venere e Marte non hanno campo magnetico, mentre sono simili alla Terra per molti altri aspetti. Però l'acqua allo stato liquido e la vita sono presenti solo sulla Terra, per quanto ne sappiamo. Cosa rende il nostro pianeta così speciale?

Venere, contrariamente alla Terra, ha una temperatura infernale: nonostante sia più lontano dal Sole di Mercurio è molto più rovente, per via di un estremo effetto serra, il processo per cui i gas atmosferici aumentano la temperatura assorbendo il calore in uscita dal pianeta. L'atmosfera terrestre potrebbe un tempo essere stata ricca di grandi quantità di anidride carbonica, come oggi Venere, ma sulla Terra gli oceani hanno assorbito gran parte dell'anidride carbonica che non può più intrappolare tanto calore come su Venere.

Marte, d'altra parte, è troppo freddo per essere compatibile con la vita, almeno per quanto ne sappiamo. Inoltre, ha perso la maggior parte dell'atmosfera originaria, e quella attuale non è abbastanza spessa da produrre un effetto serra sufficiente a scaldare una parte significativa della superficie del pianeta portandolo a temperature stabilmente superiori al punto di solidificazione dell'acqua, almeno per certi periodi.

I tre maggiori pianeti terrestri sono come i piatti di minestra nella storia di Riccioli d'Oro. Venere è troppo caldo. Marte è troppo freddo. La Terra, finalmente, è perfetta per mantenere l'acqua liquida e favorire la vita (quanto al piccolo Mercurio, è anche lui troppo caldo).

Mettendo insieme tutte le informazioni sulle proprietà fondamentali dei pianeti rocciosi e delle loro differenze reciproche, gli studiosi ne concludono che:

- ✓ Mercurio, come la Luna, presenta una superficie piena di crateri, ma all'interno è come la Terra, con un nucleo di ferro fuso che genera un campo magnetico;
- ✓ Venere è il gemello cattivo della Terra: più o meno delle stesse dimensioni, ma con un calore e una pressione mortali, un'atmosfera irrespirabile e piogge acide in quota;
- ✓ Marte è una piccola Terra raffreddata e seccata.

La Terra è il pianeta di Riccioli d'Oro: è perfetta!

Confrontando in questo modo le proprietà dei pianeti, si possono trarre le conclusioni sulle singole storie e motivazioni per cui delle evoluzioni diversificate abbiano condotto alla situazione attuale. Ragionando in questo modo non si fa altro che mettere in pratica quella che gli astronomi chiamano *planetologia comparata*.

Come osservare i pianeti terrestri con facilità

Per individuare nel cielo notturno Mercurio, Venere e Marte avete a disposizione molti aiuti, come i consigli mensili delle riviste di astronomia, o i loro siti, oppure un'app per telefonino e un planetario virtuale sul computer (per la rassegna di tutte le opportunità, vedi [Capitolo 2](#)). Venere è particolarmente facile da trovare, essendo il corpo celeste più brillante di notte, a parte la Luna.

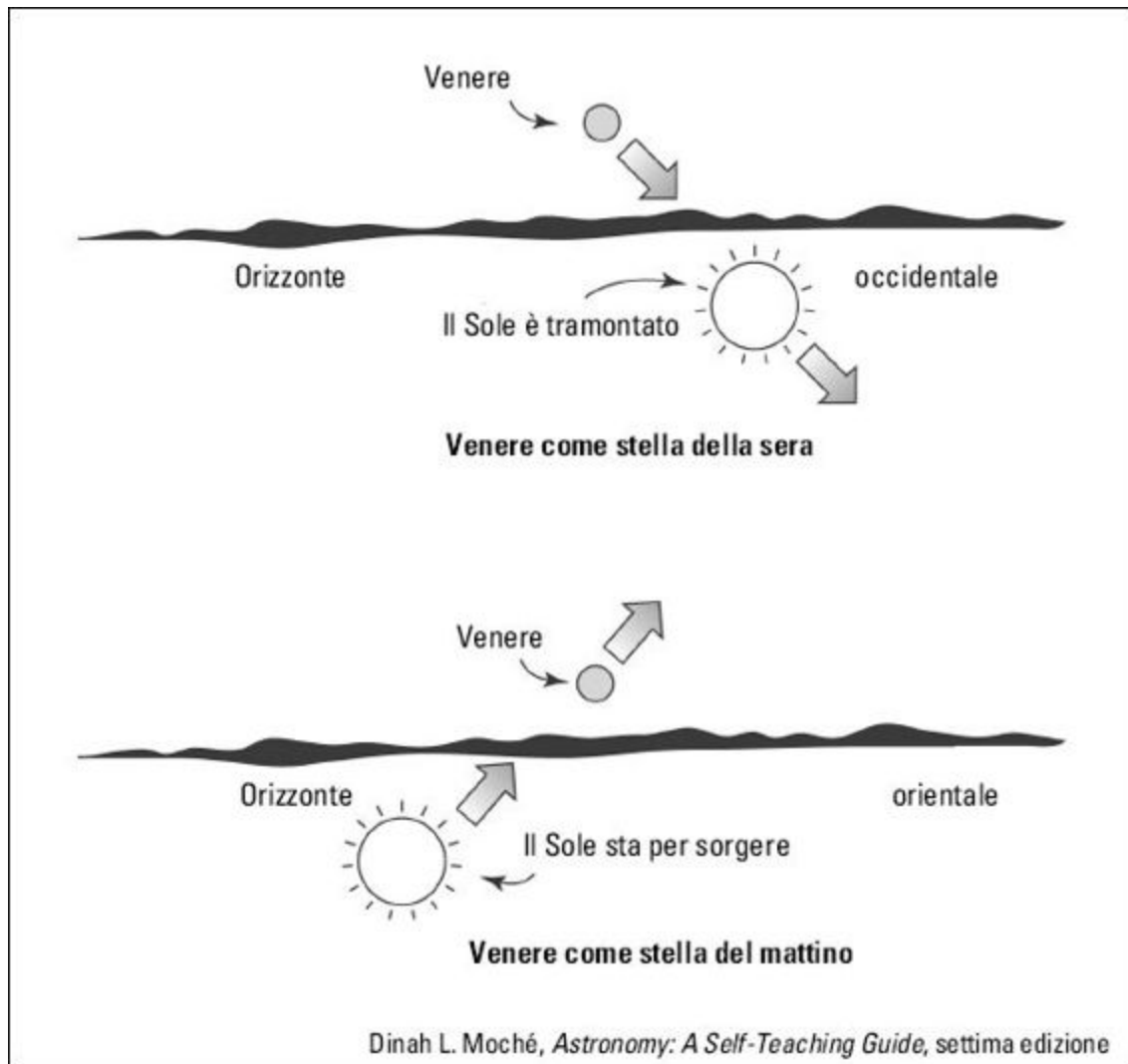


Mercurio è il pianeta che orbita più vicino al Sole e Venere è quello successivo. Viaggiano entrambi all'interno dell'orbita terrestre, così Mercurio e Venere sono sempre nella stessa regione del cielo dove si trova il Sole, così come si vede dalla Terra. Pertanto, dopo il tramonto li troverete nel cielo a ovest e prima dell'alba a est. In questi momenti il Sole non è molto lontano dall'orizzonte, perciò, al mattino prima dell'alba riuscirete a vedere gli oggetti vicini a occidente del Sole, mentre alla sera dopo il tramonto, li vedrete a oriente.

Un pianeta luminoso che appare a oriente prima dell'alba si definisce *stella del mattino*, mentre un pianeta luminoso a occidente dopo il tramonto è la *stella della sera*. Poiché Mercurio e Venere si muovono intorno al Sole rapidamente, la stella del mattino di una certa settimana potrebbe essere lo stesso oggetto che il mese successivo diventerà la stella della sera (vedi [Figura 6.1](#)).

Di seguito spiegherò quali siano i momenti migliori per osservare i pianeti terrestri. Si basano su elongazione, opposizione e congiunzione, tre termini che descrivono la posizione dei pianeti rispetto al sistema Sole-Terra. Inoltre, spiegherò come usare questi concetti per comprendere le osservazioni dei pianeti rocciosi (elencherò i pianeti nell'ordine di semplicità d'osservazione, partendo dal più facile: Venere).

Figura 6.1 Venere può essere la stella del mattino o della sera, anche se non è affatto una stella.



Capire elongazione, opposizione e congiunzione

Elongazione, opposizione e congiunzione descrivono la posizione di un pianeta in relazione al sistema Sole-Terra. Incontrerete questi termini controllando le posizioni dei pianeti per pianificare le vostre osservazioni. Ecco il loro significato:

- ✓ *l'elongazione* è la separazione angolare tra un pianeta e il Sole vista dalla Terra. L'orbita di Mercurio è talmente piccola che la sua elongazione non supera mai i 28° , a volte non supera neanche i 18° , il che lo rende difficile da individuare. Venere può arrivare a 47° dal Sole;

- ✓ *l'elongazione massima occidentale* (oppure *orientale*) si verifica quando un pianeta è nella posizione di massima elongazione in un dato periodo di visibilità o *apparizione*, cioè un intervallo di tempo in cui il pianeta si vede dalla Terra tutte le notti. Alcune elongazioni massime sono più grandi di altre, perché la Terra si trova più o meno vicino al pianeta. L'elongazione è importante in particolare quando si osserva Mercurio, perché questo pianeta, di solito, è così vicino al Sole che il cielo nella sua direzione non è molto scuro;
- ✓ *l'opposizione* si verifica quando un pianeta è dal lato opposto del Sole rispetto alla Terra. Non si verifica mai con Mercurio e Venere, mentre Marte è in opposizione ogni 26 mesi. Questo è il periodo migliore per osservare il pianeta, perché al telescopio appare più grande. Inoltre, quando Marte è alto nel cielo a mezzanotte in opposizione, è visibile per tutta la notte;
- ✓ la *congiunzione* si verifica quando due oggetti del sistema solare sono vicini nel cielo, come per esempio quando la Luna e Venere passano l'una vicino all'altro. In realtà, dalla Terra vediamo la congiunzione dei due corpi celesti, ma Venere è molto più lontano della Luna.

La congiunzione ha anche un altro uso tecnico: infatti, invece di descrivere una posizione in termini di *ascensione retta* e *declinazione* – rispettivamente la posizione misurata nella direzione est-ovest e in quella nord-sud – gli astronomi talvolta usano la *latitudine* e la *longitudine eclittiche*, che si misurano in gradi nord-sud (latitudine) ed est-ovest (longitudine) rispetto all'eclittica. Ma non preoccupatevi, non occorre il sistema di riferimento eclittico nell'osservazione dei pianeti terrestri; serve solo per capire le definizioni di congiunzione inferiore e superiore che seguono.

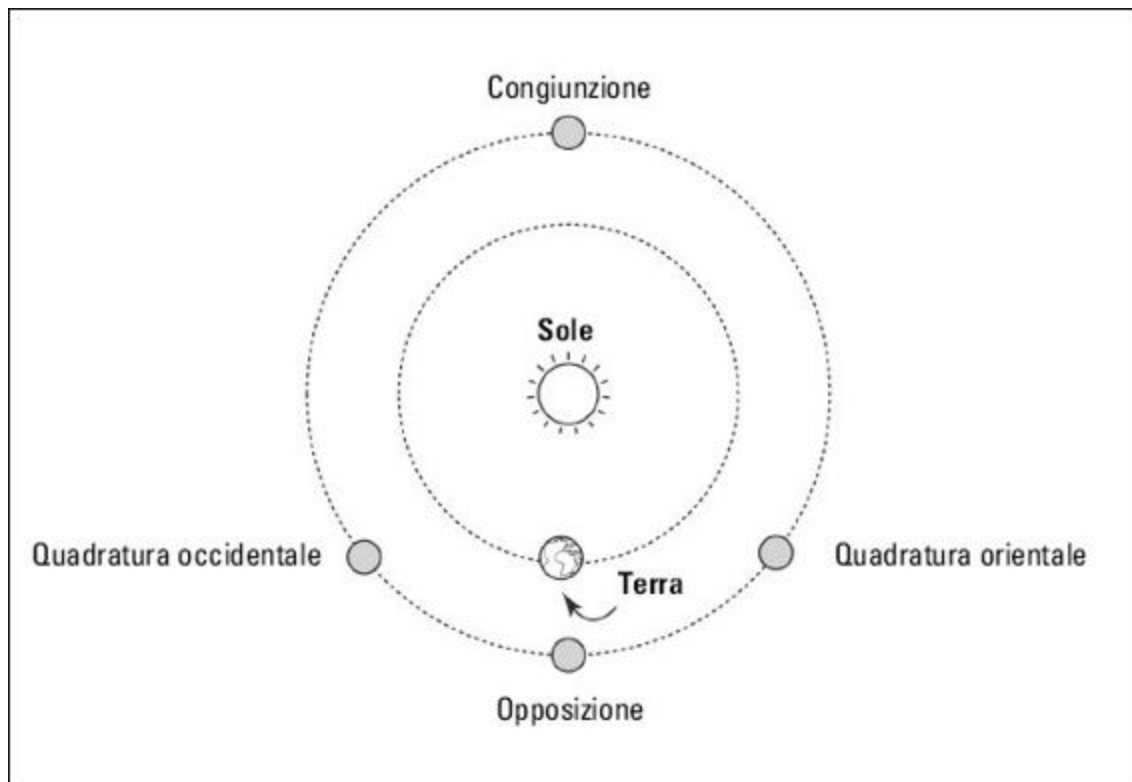
Bisogna padroneggiare un po' di terminologia per capire congiunzioni e opposizioni, in particolare la distinzione tra pianeti superiori e inferiori, e congiunzioni superiori e inferiori: un *pianeta superiore* ruota su un'orbita esterna a quella della Terra, come per esempio Marte, mentre un *pianeta inferiore* orbita più interno alla Terra, come Venere e Mercurio, gli unici pianeti interni rispetto alla Terra.

Quando un pianeta superiore, visto dalla Terra, si trova alla stessa longitudine del Sole, significa che è dal lato opposto al Sole e si dice *in congiunzione* (vedi [Figura 6.2](#)), mentre quando si trova dal lato opposto della Terra rispetto al Sole si dice *in opposizione*.



La congiunzione è un momento pessimo per l'osservazione di un pianeta superiore; essendo nel lato opposto al Sole, ma quasi nella stessa direzione, non si vede. Il momento migliore per guardare Marte è alla sua opposizione.

Figura 6.2 Un pianeta superiore in congiunzione si trova nella stessa direzione est-ovest del Sole.



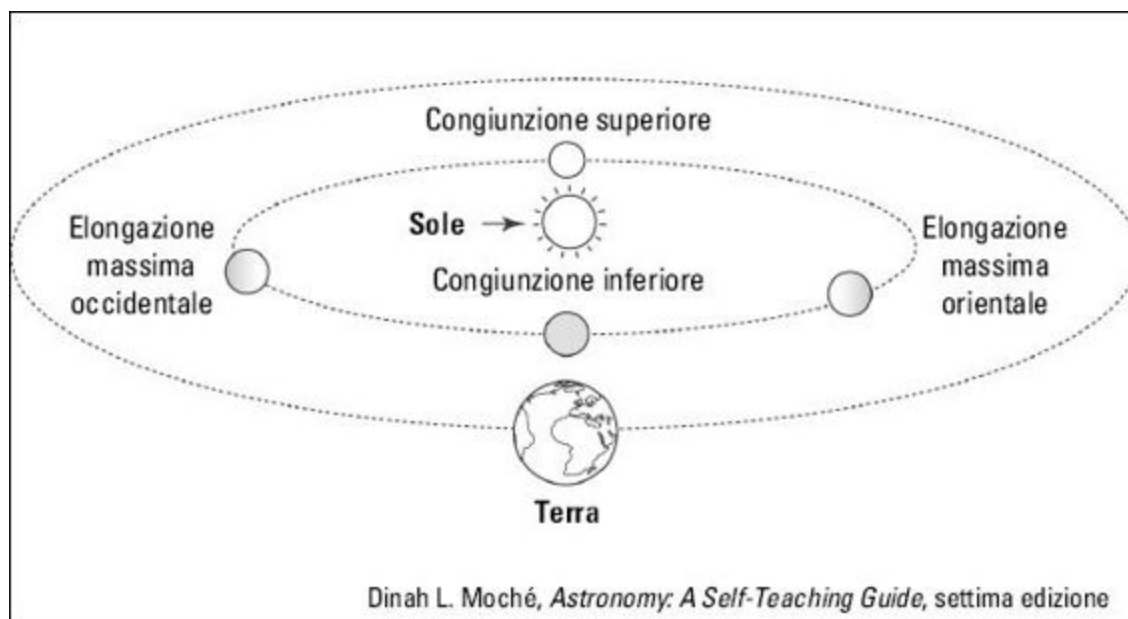
Mentre un pianeta superiore si può trovare in congiunzione o in opposizione, un pianeta interno non ha opposizioni, ma possiede due diverse congiunzioni (vedi schema in [Figura 6.3](#)). Quando un pianeta

inferiore è alla stessa longitudine del Sole e si trova tra Sole e Terra, abbiamo una congiunzione inferiore. Al contrario, se il pianeta inferiore si trova alla stessa longitudine del Sole ma è sotto la nostra stella così come appare dalla Terra, si parla di congiunzione superiore.

Per poter spiegare tutto questo ai vostri amici – se ci riuscirete potrete andarne fieri – sentitevi liberi di usare le [Figure 6.2](#) e [6.3](#) per la spiegazione della congiunzione!

Il momento migliore per osservare Venere è la congiunzione inferiore, quando appare più grande e luminoso, mentre Mercurio è troppo vicino al Sole per osservarlo durante la congiunzione inferiore o superiore. Il momento migliore per Mercurio è all'elongazione massima.

Figura 6.3 Congiunzione inferiore con il Sole di un pianeta inferiore, nella direzione est-ovest.



Osservare Venere e le sue fasi

Venere è il pianeta più facile da individuare, è così luminoso che molte persone prive di nozioni astronomiche a volte chiamano un'emittente radiofonica o scrivono a un giornale per domandare cosa sia "quella stella così luminosa".

Se fronti nuvolosi si stanno muovendo da ovest verso est, l'osservatore inesperto spesso interpreta la scena malamente, credendo che Venere (che non riconosce) si stia muovendo rapidamente nella direzione opposta alle nuvole. Così, la grande luminosità e la falsa impressione di un moto rapido dietro un banco di nubi portano spesso a scambiare Venere per un oggetto volante non identificato.



Una volta che avrete familiarizzato con Venere potrete individuarlo anche durante il giorno, visto che spesso è così luminoso che, in condizioni di cielo terso, è possibile scorgerlo nella luce diurna con un'osservazione di traverso. In altre parole, è più facile vederlo di sfuggita con "un angolo dell'occhio": per qualche ragione, infatti, è più facile individuare un corpo celeste con uno sguardo in tralice che con un'osservazione diretta. Forse l'abilità nella visione laterale è un carattere sopravvissuto dell'evoluzione, magari funzionale alla sopravvivenza in ambienti ostili, per cui è più difficile farsi cogliere di sorpresa da un nemico o da un predatore.

Anche un piccolo telescopio è in grado di mostrarvi una delle caratteristiche più evidenti di Venere: le sue fasi e le variazioni della dimensione apparente. Il pianeta possiede fasi simili a quelle della Luna (vedi [Capitolo 5](#)) che avvengono per le stesse ragioni: talvolta la porzione dell'emisfero di Venere che è di fronte al Sole (quindi è illuminata) non è rivolta nella direzione della Terra, perciò il telescopio ci mostra il pianeta in parte luminoso e in parte scuro.



Solo un minuto d'arco (o un secondo)

Gli studiosi misurano le dimensioni apparenti nel cielo in unità d'angolo. Ciò che occupa tutto il cielo, come l'equatore celeste, è lungo 360° . Il Sole e la Luna, in confronto, sono entrambi larghi mezzo grado circa. I pianeti sono molto più piccoli, e per descriverli occorrono dei sottomultipli dell'unità di misura. Un grado si divide in 60 minuti d'arco, detto anche arco minuto o *arc min*, a sua volta un minuto è composto da 60 secondi d'arco, o arco secondi, abbreviato in *arc sec*. Così, un grado equivale a 3.600 secondi d'arco; in molti testi d'astronomia il minuto d'arco si indica con un solo apostrofo ('), mentre il secondo d'arco con due ("). Nelle pubblicazioni anglofone occorre stare attenti che il redattore non abbia confuso archi minuto o secondo con piedi e pollici, unità di lunghezza indicate nello stesso modo.

Venere ha un diametro più piccolo di quello terrestre di appena il 5%, ma la sua dimensione apparente, cioè il diametro angolare, varia dai 10 arc sec nel punto più lontano (e con una forma tipo Luna piena) ai 58 arc sec nella posizione più vicina (quando è in fase stretta e crescente).

Concludo con una simpatica spigolatura: un arco secondo equivale a una moneta da 5 centesimi d'euro vista da una distanza di circa tre chilometri.

Anche in questo caso, la linea che divide la parte chiara e la parte scura si chiama *terminatore*, come per la Luna.

Durante le rispettive orbite intorno il Sole, la distanza tra Venere e Terra cambia in modo significativo, passando da un minimo di soli 40 milioni di chilometri a un massimo di 256 milioni. Ciò che conta, però, è la differenza in proporzione: nel punto più prossimo Venere è sei volte più vicino che nel momento di massima distanza, così al telescopio apparirà sei volte più grande.



Nell'osservazione di Venere non si incontrano sorprese eclatanti come quando si vede per esempio l'Uomo della Luna, perché si

può vedere solo l'esterno della spessa coltre di nubi che copre completamente il pianeta. Ma Venere appare così luminoso proprio perché, oltre alla relativa vicinanza con il Sole e la Terra, possiede uno strato nuvoloso ad alto potere riflettente. In alcuni casi potrete vedere i corni della "mezzaluna" di Venere crescente che si estendono nel lato scuro più del dovuto, il che avviene per la fase in corso. In questo caso state osservando una porzione di luce solare che è rimbalzata nell'atmosfera di Venere oltrepassando così i confini della zona del pianeta dove la notte è già calata.

Tutte le immagini di Venere che mostrano delle impressionanti formazioni nuvolose, come quelle che vedete nella nostra galleria fotografica, sono fotografie all'ultravioletto, la regione dello spettro che permette di vedere questi fenomeni. La luce ultravioletta non attraversa la nostra atmosfera, grazie alla fascia di ozono che ci protegge da questa pericolosa radiazione, perciò dalla Terra non possiamo vedere quella parte dello spettro elettromagnetico di Venere. A dire il vero non potremmo vederla comunque, visto che l'ultravioletto è invisibile all'occhio umano. Ma i telescopi sui satelliti e sulle sonde che hanno superato l'atmosfera possono usare sensori a ultravioletto e scattare le bellissime foto di Venere che tutti siamo abituati ad ammirare.

In rare circostanze, le osservazioni mostrano un bagliore pallido sul lato scuro di Venere che prende il nome di *luce cinerea*, e che a volte è reale e a volte uno scherzo dell'immaginazione. Dopo secoli di studi, gli esperti non hanno ancora una chiara spiegazione per la luce cinerea, alcuni negano addirittura la sua esistenza, ma con un po' di fortuna riuscirete a vederla lo stesso! Molte persone riferiscono di aver individuato altri fenomeni nell'osservazione di Venere, ma si sbagliano, e molti esperimenti hanno dimostrato che queste osservazioni sono solo effetti psicologici: in buona sostanza, se chiedete di osservare a distanza un disco completamente bianco troverete sempre qualcuno che riuscirà a scorgervi anche delle figure che non esistono.

Guardare Marte

Marte è un oggetto rosso e brillante, ma per luminosità non è nemmeno lontanamente paragonabile a Venere. Occorre controllare le mappe stellari per essere sicuri di non confonderlo con una stella rossa particolarmente brillante, come per esempio Antares in Scorpione (del resto questo nome significa “rivale di Marte”).

Il grande vantaggio delle osservazioni di Marte è che il pianeta resta visibile nel cielo per gran parte della notte, al contrario di Venere e di Mercurio che tramontano molto in fretta dopo il tramonto del Sole oppure si levano poco prima dell'alba. Perciò avrete il tempo di cenare con calma e di guardare un film, prima di andare in cortile a godervi Marte.



Come osservare un pianeta in transito

In rare occasioni potrete osservare un *transito planetario*: il che avviene quando un pianeta passa davanti al Sole e, in contrasto con la sua vasta superficie luminosa, appare come un minuscolo dischetto nero. Solo i pianeti inferiori, Venere e Mercurio, transitano davanti al Sole, perché sono gli unici in grado di interporsi tra la Terra e la nostra stella.

Potete osservare il transito di Mercurio anche con un piccolo telescopio, ma dovete assolutamente seguire le procedure di sicurezza indicate nel [Capitolo 10](#). Altrimenti rischiate dei danni importanti e irreparabili agli occhi, che possono condurre persino alla cecità. Meglio controllare se nelle vicinanze c'è un planetario o un'associazione astronomica che ha in programma un evento per l'osservazione di un transito, spesso li organizzano, e in questo caso potrete fare le vostre osservazioni attraverso degli strumenti approntati da mani esperte. I prossimi transiti di Mercurio avverranno il 9 maggio 2016 e l'11 novembre 2019.

I transiti di Venere sono i più spettacolari da vedere, perché il disco del pianeta è di grandi dimensioni, ma sono anche più rari; perciò, se vi siete persi quello del giugno 2012 difficilmente ne riuscirete a vedere un

altro nel corso della vostra vita. Il prossimo è previsto nel 2117 per cui non vi resta che lasciare un promemoria ai vostri discendenti...



Con un piccolo telescopio si possono già individuare alcuni segni più scuri. I periodi migliori per vederli durano qualche mese, ma si verificano solo ogni 26 mesi, quando Marte è in opposizione. Allora appare più grande e luminoso, rendendo più semplice l'osservazione dei dettagli della superficie.

Le prossime opposizioni di Marte avverranno nei seguenti periodi:

aprile 2014

maggio 2016

luglio 2018

ottobre 2020

dicembre 2022

gennaio 2025

Non perdetevi!



Nelle migliori opposizioni, quando sembra davvero molto più grande e brillante, Marte si trova a sud dell'equatore celeste, ma si riesce a vedere ancora ad alcune latitudini dell'Emisfero Nord.

La caratteristica della superficie marziana più facile da individuare con un telescopio piccolo è la Syrtis Major, una regione ampia e scura che si estende a nord dell'equatore. Il giorno marziano ha una durata simile a quello terrestre, precisamente 24 ore e 37 minuti, e se durante la notte

tornate a guardare più volte, grazie alla rotazione di Marte vedrete la Syrtis Major muoversi lentamente sul disco planetario. Inoltre, un osservatore di pianeti già esperto, anche se è un amatore, riesce a scorgere anche le calotte polari e alcuni altri dettagli.



Le immagini di Marte della NASA, prese dalle sonde interplanetarie e dal telescopio spaziale Hubble, sono troppo dettagliate per potervi essere d'aiuto nell'osservazione al telescopio. Meglio procurarsi una semplice *mappa di albedo*, che segna e nomina le aree chiare e quelle scure, così come si vedono con un piccolo telescopio. Una mappa d'albedo offre un dettaglio maggiore di quanto la maggior parte degli osservatori può vedere, e rappresenta un'ottima guida e un buon esercizio per le vostre abilità astronomiche. Sul sito della NASA MarsWATCH

(<http://mars.jpl.nasa.gov/MPF/mpf/marswatch/marsnom.html>) potete trovare una di queste mappe disegnata dall'Association of Lunar and Planetary Observers (l'associazione degli osservatori della Luna e dei pianeti). Raccomando anche la consultazione di *A Traveler's Guide to Mars (Guida di Marte per viaggiatori)* di William K. Hartmann (Workman Publishing, 2003), uno studioso di pianeti di livello mondiale, oltre che un talentuoso artista dello spazio.

Gli astronomi classificano le condizioni del cielo in termini di *visibilità* (data dalla stabilità atmosferica), *trasparenza* (l'assenza di nuvole e foschia), e *oscurità* (l'assenza di luce solare o luci parassite). Nell'osservazione di Marte, una buona visibilità è il fattore più importante, mentre l'oscurità è quello di minor rilievo. In ogni caso, maggiori sono l'oscurità, la stabilità dell'aria e la trasparenza, e più grande sarà il divertimento nell'osservazione.



Se c'è una buona visibilità e le stelle tremolano poco, potete usare un oculare ad alto ingrandimento per cogliere i maggiori dettagli di Marte e degli altri pianeti. Se invece la visibilità è più scarsa, l'immagine al telescopio è sfocata e sembra saltellare un po'. Se le condizioni sono avverse, un alto ingrandimento è inutile, ingrandireste soltanto immagini sfocate e mosse. Per risultati migliori, usate un oculare a basso ingrandimento.



Seguire il moto retrogrado di Marte

Per l'osservatore principiante, un'esperienza basilare è quella di seguire il moto di Marte tra le costellazioni: occorrono solo gli occhi e una mappa stellare.

Individuate Marte tra le stelle e segnate la sua posizione sulla mappa con una matita. Ripetendo l'osservazione ogni notte in cui c'è sufficiente visibilità vedrete formarsi un percorso che ha lasciato gli antichi Greci alquanto interdetti e ha alimentato complicatissime teorie, molte delle quali sbagliate.

Per la maggior parte del tempo, notte dopo notte, Marte si muove verso est, proprio come la Luna che attraversa le costellazioni da ovest a est. La Luna continua costantemente nel suo moto, Marte, al contrario, qualche volta inverte la rotta. Per due o tre mesi (per la precisione, da 62 a 81 giorni), viaggia verso ovest attraverso le costellazioni, tornando indietro di 10° o 20° . Dopo questo periodo ritorna al moto normale e si sposta di nuovo verso est. Questa inversione si chiama *moto retrogrado di Marte*.

Ovviamente, non è dovuta a un'indecisione del pianeta su dove andare, è solo un effetto apparente dovuto al moto della Terra intorno al Sole. Infatti, mentre seguite il moto di Marte, siete con i piedi per terra sul nostro pianeta che continua la sua orbita intorno al Sole per 365 giorni,

prima di terminare un giro completo. Essendo Marte più lento – impiega 687 giorni a compiere un'intera orbita – quando superiamo il pianeta rosso sulla nostra corsia interna, sembra che torni indietro, rispetto al riferimento delle stelle fisse, ma in realtà sta continuando a muoversi in avanti come sempre.

Purtroppo, anche se tutte le condizioni di osservazione sono perfette, la visibilità è ottima e Marte in opposizione, la sfortuna è sempre in agguato e le vostre notti potrebbero essere frustrate da un ultimo, temibile nemico dell'osservazione marziana: le tempeste di sabbia e polveri che a volte sferzano l'intera superficie del pianeta celandola alla vista degli astronomi.



Talvolta gli astronomi professionisti si affidano agli amatori per un aiuto nel monitoraggio di Marte, chiedendo loro di riferire l'avvistamento di una tempesta di polvere e la sua durata, oppure qualche cambiamento di rilievo nell'aspetto del pianeta. Potete informarvi su questo programma di Citizen Science sull'International MarsWatch presso il sito della Rowan University (<http://elvis.rowan.edu/marswatch/news.php>). Alla pagina *MarsView* potete pianificare le vostre osservazioni inserendo la data e l'ora UTC in cui intendete svolgere l'osservazione (per dettagli su come conoscere l'ora UTC, vedi [Capitolo 5](#), paragrafo "Riconoscere il passare del tempo"). Il sito vi mostrerà come dovrebbe apparirvi Marte durante l'osservazione programmata, in modo da poter notare chiaramente se vedrete qualcosa di inatteso. Così, se una tempesta di polvere vi rovina l'osservazione, segnalando l'evento sarete utili alla scienza, almeno. Gli studiosi accoglieranno con gioia la vostra polverosa avventura, senza nasconderla sotto il tappeto...

Per diventare affidabili osservatori di Marte occorre un po' d'esperienza al telescopio. Se siete principianti, non traete subito la conclusione che è in

corso una tempesta di polvere solo perché non riuscite a vedere nessun dettaglio della superficie. Abitatevi a osservare Marte in diverse occasioni, con condizioni di visibilità variabili, e solo allora, non vedendo alcun dettaglio, potrete pensare alle tempeste escludendo le condizioni di visibilità e la vostra inesperienza.

Ricordate sempre il motto scientifico: “L’assenza di un’evidenza non è sempre l’evidenza di un’assenza.”

Magari non vedrete i dettagli di Marte al primo colpo, ma ciò non significa che una tempesta di polvere lo stia oscurando. Anche per l’osservazione al telescopio è fondamentale l’allenamento, esattamente come gli amanti del vino devono allenare il palato per godersi una buona degustazione.

Infine, per completezza d’informazione, è bene ricordare che Marte ha solo due lune conosciute, Phobos e Deimos, e che sono invisibili con un piccolo telescopio.

Superare Copernico osservando Mercurio

Gli storici raccontano che il grande astronomo polacco Niccolò Copernico (1473-1543), che propose la teoria eliocentrica del sistema solare, non individuò mai Mercurio. Certamente Copernico non si poteva avvalere delle app per telefonino, dei planetari virtuali e dei siti web di astronomia, e nemmeno delle riviste mensili (vedi [Capitolo 2](#)). Voi invece usateli, capirete subito qual è il momento migliore dell’anno per l’osservazione di Mercurio, cioè quando cadono l’elongazione massima occidentale e orientale (termini definiti e spiegati nel paragrafo “Capire elongazione, opposizione e congiunzione” in questo capitolo), momenti che capitano circa sei volte all’anno.

Alle latitudini temperate, come quelle europee, Mercurio è di solito visibile solo di giorno: in altre parole, a notte fonda, molte ore dopo il tramonto, anche Mercurio è tramontato da un pezzo. Al mattino, invece, si può vedere fino a quando la luce diurna non ne impedisce l’osservazione. Mercurio somiglia a una stella luminosa, ma ci appare più tenue di Venere, e compare a occidente dopo il tramonto e a oriente prima dell’alba.



Troverete molte informazioni sull'osservazione di Mercurio e degli altri pianeti sul sito dell'Association of Lunar and Planetary Observers (ALPO, associazione degli osservatori della Luna e dei pianeti) che raccoglie tra l'altro diversi disegni sulle osservazioni planetarie fatte da astronomi amatoriali insieme ad altre fonti, carte e pubblicazioni. L'ALPO ha delle sottosezioni separate (dei sottogruppi) per gli osservatori di ciascun pianeta (<http://alpo-astronomy.org>). Nel Regno Unito, anche la British Astronomical Association ha gruppi di lavoro simili (potete cliccare "Sections" sul sito <http://britastro.org/baa>).

Sveglia presto per Mercurio

Mercurio è molto più piccolo di Venere, ma il telescopio è sufficiente a mostrarvi le sue fasi, preferibilmente quando è all'elongazione occidentale massima e appare alle prime luci dell'alba. Infatti, la visibilità è quasi sempre migliore in basso a est vicino all'alba che in basso a ovest dopo il tramonto; così otterrete delle immagini molto più nitide. Le guide più note, come la celeberrima *Observer's Handbook* (una pubblicazione annuale della Royal Astronomical Society del Canada, www.rasc.ca) e le riviste astronomiche, o i loro siti web, forniscono la data dell'elongazione; se per organizzarvi avete bisogno di un largo anticipo, consultate l'utilissima guida *Celestial Delights: The Best Astronomical Events Through 2020*, di Francis Reddy (Springer, 2012) che riporta una tabella con le elongazioni massime di Mercurio e Venere fino al 2020.



Cercate un sito di osservazione con una vista ben sgombra verso l'orizzonte a ovest, poiché Mercurio non si trova nella parte alta del cielo, quando il Sole è sotto l'orizzonte. Se vi riesce difficile individuarlo a occhio nudo, spazzate quella parte di cielo con un binocolo a basso ingrandimento. Se possedete un telescopio

computerizzato, invece, potete digitare semplicemente “Mercurio” e farà tutto da solo.

Non aspettatevi segni sulla superficie

Individuare dei segni particolari sulla superficie di Mercurio con un telescopio da principianti è estremamente difficile. A dire il vero è complicato per qualsiasi telescopio sulla Terra. Il diametro apparente di Mercurio all’elongazione massima è di 6-8 arc sec.

Alcuni astronomi amatoriali esperti hanno riferito di osservazioni dei segni sulla superficie, ma nessuna informazione particolarmente utile è mai provenuta da questo tipo di osservazioni. Solo pochi telescopi terrestri, i più grandi di tutti i tempi, si sono cimentati nell’osservazione dei segni di superficie. Da questi hanno dedotto il periodo di rotazione, cioè il “giorno” di Mercurio, concludendo che fosse pari alla durata dell’anno, cioè 88 giorni terrestri. Ma si erano sbagliati: le misure radar, in seguito, hanno dimostrato che Mercurio ruota su se stesso in 59 giorni terrestri, e l’anno dura un po’ meno di due suoi giorni.

In ogni caso, quando sarete in grado di individuare Mercurio a occhio nudo e di vederne le fasi con il telescopio, avrete già di gran lunga superato Copernico!

Gli amanti di Mercurio scelgono il mattino

La visibilità prima dell’alba è migliore di quella dopo il tramonto per le seguenti ragioni: al tramonto, la Terra riscaldata per tutto il giorno dal Sole comincia a raffreddarsi creando nell’atmosfera correnti turbolente di aria tiepida che dal suolo vanno verso l’alto. Al mattino, invece, la Terra ha avuto la notte intera per raffreddarsi e stabilizzare la propria temperatura. E al Sole appena sorto occorrono diverse ore per scaldare le terre e peggiorare di nuovo la visibilità.

Capitolo 7

Rocce spaziali: la fascia principale e gli asteroidi Near Earth

In questo capitolo

- ▶ Scoprire i caratteri fondamentali degli asteroidi
- ▶ Valutare il rischio di un impatto pericoloso tra asteroidi e Terra
- ▶ Osservare gli asteroidi nel cielo notturno

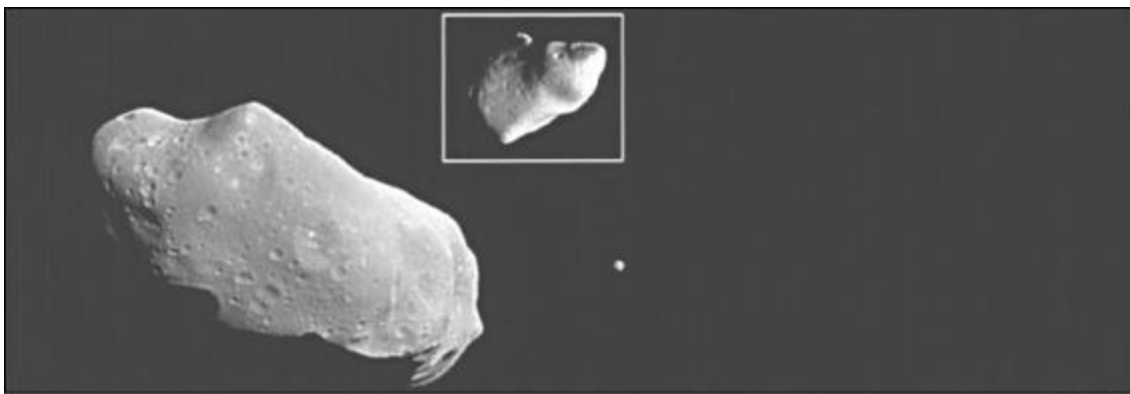
Gli asteroidi sono rocce massicce in orbita intorno al Sole. La maggior parte si trova in una regione sicura oltre l'orbita di Marte, chiamata *fascia principale degli asteroidi*, ma migliaia di altri asteroidi seguono una traiettoria che li porta vicino alla Terra o ne incrocia l'orbita. Molti scienziati sono convinti che un asteroide abbia colpito il nostro pianeta circa 65 milioni di anni fa, estinguendo i dinosauri e molte altre specie.

In questo capitolo vi presenterò questi grossi sassi fluttuanti e vi spiegherò i modi migliori per osservarli. Se siete un po' preoccupati, tranquillizzatevi: vi racconterò tutta la verità sui rischi di un futuro schianto di un asteroide sulla Terra e vi renderò partecipi degli studi che gli scienziati stanno conducendo per gestire quest'evenienza.

Un rapido giro nella fascia principale degli asteroidi

Gli asteroidi sono anche chiamati pianeti minori, perché, quando furono scoperti, gli studiosi pensarono fossero oggetti planetari. Al contrario, oggi gli astronomi sono convinti che gli asteroidi siano i resti della formazione del sistema solare, in altre parole sono oggetti che non sono mai riusciti ad aggregarsi con un numero sufficiente di detriti spaziali per formare un pianeta. Alcuni di loro, per esempio Ida, hanno addirittura lune proprie (vedi [Figura 7.1](#)). Gli asteroidi sono composti di minerali silicati, come le rocce terrestri, e di metallo (soprattutto ferro e nichel). Alcuni contengono composti di carbonio o rocce che contengono carbonio, e negli ultimi anni sono state scoperte anche tracce d'acqua.

Figura 7.1 L'asteroide Ida possiede una luna propria, Dactyl.



Per concessione della NASA.

La maggior parte degli asteroidi conosciuti si trova in un'ampia regione dello spazio, piatta e centrata sul Sole, situata tra le orbite di Marte e Giove, chiamata *fascia principale degli asteroidi*. Hanno dimensioni variabili, con diametri che spaziano dai 952 chilometri di Ceres fino ai grossi meteoriti, che sono soltanto frammenti di asteroidi (vedi [Capitolo 4](#)).

I meteoroidi asteroidali, descritti nel [Capitolo 4](#), sono composti di roccia e/o di ferro. Cadendo sulla Terra prendono il nome di meteoriti. Gli asteroidi sono pezzi della stessa materia, solo molto più grandi. Nei musei naturali e di geologia ne potete vedere molti, oppure potete connettervi al sito del Meteor Collector (www.meteoritecollector.org/museums.html) per ammirare una collezione da museo anche restando a casa vostra.

La [Tabella 7.1](#) elenca i quattro oggetti più grandi della fascia degli asteroidi. I due maggiori, Ceres e Pallas, si trovano approssimativamente alla stessa distanza dal Sole, anche se Pallas ha un'orbita molto più ellittica.

Tabella 7.1 I “Grandi quattro” della fascia principale degli asteroidi

<i>Nome</i>	<i>Diametro (km)</i>	<i>Distanza dal Sole (AU)</i>
Ceres	952	2,77
Pallas	545	2,77
Vesta	530	2,36
Hygiea	407	3,14

A fine 2011 esistevano 600.000 asteroidi conosciuti, di cui circa 16.000 hanno un nome proprio. Il conto include quello che l'International Astronomical Union mi ha gentilmente dedicato (NdT: 9768 Stephenmaran) e che per fortuna non hanno chiamato “Tonto”!

La maggior parte è stata individuata in anni recenti da telescopi automatizzati progettati proprio per questo scopo, ma molti vengono scoperti da astronomi hobbisti esperti che hanno montato fotocamere digitali di alto livello sui propri telescopi. Usando piccoli telescopi, invece, potete facilmente vedere gli asteroidi più grandi, come Ceres e Vesta (per altre informazioni sull'osservazione degli asteroidi consultate il paragrafo poco più avanti: “Alla ricerca di minuscoli punti di luce”).

Ceres e Vesta sono talmente grandi che la loro gravità li ha resi sferici. Un cratere di Vesta, Rheasilvia, è grande quasi quanto lo stesso asteroide, e alcuni depositi di un materiale scuro potrebbero provenire da un impatto con un meteoroido pieno di carbonio o dalle collisioni con piccoli asteroidi che hanno fuso parte della superficie creando colate laviche. Infine, in alcune regioni recondite e oscure di questo asteroide è probabile che si trovi del ghiaccio.

Gli asteroidi minori sono spesso a forma di patata e sembrano le conseguenze di un'esplosione (vedi [Figura 7.2](#)) e in effetti lo sono: gli

asteroidi della fascia principale, infatti, collidono costantemente tra di loro, creando crateri d'impatto o sgretolandosi in pezzi grandi e piccoli, e generando così asteroidi minori o meteoroidi asteroidali, a seconda delle dimensioni dopo lo scontro.

Gli asteroidi minori o i grossi meteoroidi si schiantano sulla Terra solo in rare occasioni (maggiori dettagli nel prossimo paragrafo). Inoltre, gli impatti con gli asteroidi o con le comete hanno creato i crateri che si osservano anche sulla Luna, su Marte e Mercurio. Quanto a Venere, presenta sì dei crateri, ma sono pochi, come abbiamo visto nei [Capitoli 5 e 6](#).



Anche gli asteroidi possiedono crateri, ma questi oggetti sono di piccole dimensioni, e vederli al telescopio nei dettagli è molto più difficile. Su molti telescopi l'asteroide appare come un puntino di luce, quasi come fosse una stella. Ma potete dare un'occhiata ai crateri e alle altre conformazioni di Vesta sul sito della sonda spaziale Dawn della NASA, che ha raggiunto questo asteroide nel luglio del 2011 per studiarlo in dettaglio, prima di partire alla volta di Ceres, dove l'arrivo è previsto per il 2015. Sul sito <http://dawn.jpl.nasa.gov> potrete invece vedere le immagini inviate dalla sonda e imparare ciò che Dawn ci rivela gettando un po' di luce su questi oggetti oscuri e lontani.

In precedenza, un'altra sonda della NASA aveva aperto la strada alla missione di Dawn attraverso l'esplorazione dell'asteroide Eros, lungo 33 chilometri, che orbita intorno a Marte. La sonda Rendezvous-Shoemaker per l'osservazione degli asteroidi Near Earth ha infatti orbitato intorno a Eros per un anno, prima di atterrare il 12 febbraio 2001. Un video di questo asteroide oblungo in rotazione è disponibile sul sito della missione NEAR Shoemaker (www.discovery.nasa.gov/near.cfml).

Figura 7.2 Alcuni asteroidi somigliano a una gigantesca patata.



Per concessione della NASA.

La minaccia degli oggetti Near Earth

Ci sono migliaia di piccoli asteroidi che non orbitano in una zona di sicurezza, oltre Marte, ma seguono una traiettoria che incrocia l'orbita terrestre o passa vicino al nostro pianeta. Gli astronomi li chiamano *oggetti di prossimità terrestre*, meglio noti come *oggetti Near Earth* (NEO, acronimo dall'inglese Near Earth Object) e, secondo una stima del marzo 2012, se ne contano ben 1.296 che sono considerati *asteroidi potenzialmente pericolosi*, (PHA, Potentially Hazardous Asteroids). Un giorno potrebbe capitare che uno di questi minacciosi vicini si accosti un po' troppo alla Terra, o addirittura la colpisca. Il Centro per i Pianeti Minori (MPC, Minor Planet Center) dell'International Astronomical Union mantiene un elenco aggiornato dei PHA, mentre molti laboratori spazzano i cieli alla ricerca di PHA ancora ignoti.



Il sito dell'MPC (www.minorplanetcenter.net) offre una buona sintesi di informazioni per astronomi esperti e hobbisti, aggiornate quotidianamente con tanto di mappe del sistema solare interno ed esterno che mostrano la posizione dei pianeti e di molti asteroidi.

Attualmente, gli astronomi non sono a conoscenza di alcun oggetto specifico che minacci la Terra, ma basta che una roccia di pochi chilometri colpisca il nostro pianeta alla tipica velocità di 40.000 km/h per causare una catastrofe peggiore dell'esplosione simultanea di tutte le bombe nucleari mai costruite. Sarebbe uno di quei rari casi in cui l'astronomia non è affatto divertente. Statisticamente, un asteroide così grande urta la Terra una volta ogni 10 milioni di anni, ma altri, minori, collidono più frequentemente. Gli asteroidi maggiori hanno una probabilità d'impatto con la Terra minore semplicemente perché il loro numero è piuttosto esiguo.

Gli amanti dei complotti e i teorici della cospirazione sostengono che gli astronomi, anche se ne fossero a conoscenza, non rivelerebbero mai l'esistenza di un asteroide apocalittico. Ma personalmente sono convinto che, se fossi a conoscenza dell'imminente fine del mondo pianterei tutto e me ne andrei per i Mari del Sud, invece di stare qui a scrivere questo capitolo.

Nel 1998, i film hollywoodiani *Armageddon* e *Deep Impact* ci hanno regalato delle rappresentazioni sensazionalistiche di quanto accadrebbe se un asteroide maggiore o una cometa si trovasse in rotta di collisione con la Terra. Questi scenari catastrofisti ci sono in parte ispirati alla teoria, largamente accettata, che un asteroide di circa 10 km colpì la Terra 65 milioni di anni fa: il cratere di Chicxulub, con i suoi 180 km di diametro estesi tra la penisola dello Yucatan e il mare aperto del Golfo del Messico, potrebbe essere ciò che resta dell'impatto. La teoria sostiene anche che la catastrofe causò l'estinzione dei dinosauri.

L'azione combinata di fattori meteorologici e geologici, come l'erosione, l'orogenesi e il vulcanismo, hanno consumato i crateri d'impatto presenti sulla Terra cancellandoli quasi tutti. Sul sito dell'Earth Impact Database dell'Università del New Brunswick sono elencati i circa 180 crateri che

tutt'oggi sopravvivono, con tanto di foto e di mappe, che potete vedere su www.passc.net/EarthImpactDatabase/index.html. Ma alcuni di essi probabilmente non sono stati ancora individuati, visto che le alluvioni, l'erosione, il vulcanismo e altri processi hanno modellato il paesaggio terrestre sotterrando, riempiendo o distruggendo parzialmente i crateri.

Se siete appassionati escursionisti o amate l'esplorazione e l'osservazione aerea del pianeta, magari potrete scoprire un nuovo cratere d'impatto. Se ne individuate uno nuovo, consultate il sito dell'Earth Impact Database dove troverete un modulo online per riferire della vostra scoperta.



Il celebre Meteor Crater (che dovrebbe chiamarsi più propriamente Meteoroid Crater o Asteroid Crater) nel Nord dell'Arizona, vicino a Flagstaff, è stato formato proprio da un impatto con un asteroide minore. Questo luogo merita davvero una visita, è il più grande cratere d'impatto del nostro pianeta e il suo stato di conservazione è ottimo. Negli anni Sessanta, quando ero solo un giovane astronomo del Kitt Peak National Observatory in Arizona, bastava dire di essere un astronomo per accedere gratis al sito; oggi, invece, chiunque abbia più di cinque anni paga il biglietto, ma ne vale davvero la pena. Prima di organizzare il viaggio potete consultare il sito www.meteorcrater.com.

Nel marzo 1998, per un breve periodo un nuovo NEO appena scoperto scatenò il panico di un'imminente collisione con la Terra, prevista nel 2028. Nel giro di un solo giorno, però, gli astronomi scartarono questa possibilità, grazie a ulteriori osservazioni che dimostrarono che la rotta dell'asteroide non avrebbe intersecato l'orbita terrestre. E alcuni esperti si dichiararono in disaccordo anche con le primissime evidenze che avevano scatenato il panico, come spesso accade tra gli scienziati.

Ma anche se la Terra per ora è salva, gli astronomi potrebbero un giorno scoprire un NEO davvero in rotta di collisione con il nostro pianeta. Per questo stanno investendo tempo e denaro nello studio dei migliori metodi

per affrontare una simile eventualità. Se vi interessano le conseguenze di una collisione, potete scaricare l'app CraterSizeXL per iPhone o iPad. Inserendo la dimensione e la velocità di un corpo in collisione, l'app calcola il diametro del cratere che si formerà. Oppure, potete visitare il sito Impact Earth! della Purdue University (www.purdue.edu/impactearth) per calcolare la catastrofe mentre siete online.

Un colpo all'asteroide

Alcuni studiosi hanno proposto di costruire un potente missile nucleare per intercettare un asteroide killer prima che colpisca la Terra. Tuttavia, distruggendo un asteroide diretto contro di noi, il rimedio sarebbe peggiore del male: andrebbe a finire come in *Fantasia* di Walt Disney, dove l'apprendista stregone, davanti alla scopa magica fuori controllo che non smette di trasportare acqua, decide di farla a pezzetti con l'unico risultato di dare vita a un esercito di piccole scope magiche, ognuna intenta a portare acqua.

Facendo esplodere l'asteroide con una bomba nucleare, uno sciame di rocce più piccole proseguirebbe sulla stessa mortale traiettoria. Le rocce causerebbero un botto superiore a quello di tutti i missili del Pentagono. Un'idea migliore è quella di usare un missile nucleare, o anche un altro tipo di missile, solo per dare un colpo all'asteroide, in modo che arrivi al punto d'intersezione con l'orbita terrestre un po' prima o un po' dopo, quando la Terra si trova in un'altra zona.

Il problema di una spintarella all'asteroide è che gli scienziati non sanno calcolare la forza da applicare. Non bisogna di certo romperlo, ma la resistenza meccanica degli asteroidi ci è ignota; in altre parole non possiamo sapere se l'asteroide è composto di roccia dura o friabile, alcuni potrebbero anche essere di metallo solido. Perciò non sappiamo quanto duramente dovremmo colpirlo e, non conoscendo il nostro nemico, agendo nel modo sbagliato potremmo combinare dei danni.

Invece di correre tutti questi rischi nel tentativo di distruggere o di dare un colpo a un asteroide minaccioso, alcuni scienziati hanno proposto un metodo diverso, basato sull'uso di un trattore gravitazionale. Una massiccia astronave potrebbe volare a fianco dell'asteroide per un certo numero di

anni. Grazie all'attrazione gravitazionale fra i due corpi, la navicella modificherebbe gradualmente la traiettoria dell'asteroide senza nemmeno toccarlo. Questo metodo preserva l'integrità dell'asteroide e lo sposta fuori dalla traiettoria di collisione, ma rimane il problema del lancio di una nave molto pesante che dovrebbe restare in volo, in prossimità dell'oggetto, per un decennio e anche più. E nel caso venisse individuato un asteroide di cui si prevede la collisione non è detto che ci sia tutto questo tempo a disposizione.

Sono state proposte anche molte altre possibili soluzioni, ma attualmente non c'è un metodo che prevalga sugli altri. In *Fantasia*, arriva il mago in persona a rompere l'incantesimo della scopa, ma noi non abbiamo un mago che faccia scomparire l'asteroide, e ci vogliono delle nozioni molto complesse per mettere a punto un sistema in grado di proteggere la Terra dagli asteroidi.

Uomo avvisato mezzo salvato: sorvegliare i NEO per proteggere la Terra

Per contribuire alla costruzione di un sistema di protezione dagli asteroidi canaglia, gli astronomi adottano la seguente strategia:

- 1. censire tutti i NEO, assicurandosi di controllare tutte le rocce con dimensioni superiori al chilometro nella nostra regione del sistema solare.**
Se si avvicinano alla Terra, i NEO di questa taglia possono diventare dei PHA;
- 2. seguire i NEO e calcolarne l'orbita per valutare se hanno la possibilità di colpire la Terra;**
- 3. studiare le proprietà fisiche degli asteroidi per scoprire tutto il possibile.** Per esempio occorre osservare al telescopio per scoprire di quale roccia o di quale metallo siano composti;
- 4. compresa la minaccia, una squadra di ingegneri deve progettare una missione per neutralizzarla.**



Presso numerosi siti di sorveglianza NEO ci sono vari telescopi speciali dedicati alla scoperta degli asteroidi. Potete visitarne i siti web per aggiornarvi sulle scoperte più recenti. Due tra i progetti più importanti sono:

- ✓ il progetto Lincoln Near Earth Asteroid Research (LINEAR), al White Sands Missile Range, in New Mexico, finanziato dalla U.S. Air Force e dalla NASA (www.ll.mit.edu/mission/space/linear);
- ✓ il progetto della NASA Near Earth Asteroid Tracking (NEAT), che osserva dal Maui Space Surveillance Site alle Hawaii e dal Palomar Observatory in California (<http://neat.jpl.nasa.gov>).

Gli astronomi cercano i NEO per determinarne l'orbita e gli esperti calcolano poi le probabilità che un dato asteroide possa colpire la Terra nel prossimo futuro. Ma nessuno ha l'incarico di guidare le contromosse da fare, nel caso di una minaccia di una collisione asteroidale. I ministeri della Difesa e i comandi militari di tutto il mondo sono preposti a proteggere i propri territori nazionali e talvolta quelli degli alleati, ma non esiste un'agenzia spaziale o un esercito con la missione di difendere la Terra da una minaccia spaziale. Per cui non resta che sperare che venga istituita un'agenzia di difesa con la potenza e le risorse necessarie prima di averne realmente bisogno.

Alla ricerca di minuscoli punti di luce



La ricerca degli asteroidi nel cielo è simile a quella per le comete (vedi [Capitolo 4](#)), a parte il fatto che non bisogna cercare un'immagine strana, ma dei puntini di luce che somigliano a stelle. Al contrario delle stelle, però, nel caso degli asteroidi il

moto si percepisce nettamente rispetto allo sfondo delle altre stelle, ora dopo ora e notte dopo notte.



Gli asteroidi più grandi, come Ceres e Vesta, sono facilmente visibili anche con piccoli telescopi. Le riviste di astronomia pubblicano spesso articoli e mappe celesti che guidano all'osservazione prima di un periodo di grande visibilità (in generale non ci sono periodi dell'anno più favorevoli di altri per vedere gli asteroidi). La maggior parte dei planetari virtuali o delle app per smartphone offre mappe che indicano la loro posizione (per tutte le indicazioni sulle fonti astronomiche, vedi [Capitolo 2](#) e, per i telescopi, vedi [Capitolo 3](#)).

Però, prima di essere pronti a una ricerca sistematica di “nuovi” asteroidi ancora ignoti vi servirà qualche anno d'esperienza per farvi le ossa. Gli amatori più esperti cercano nuovi asteroidi con telecamere montate sui telescopi. Raccolgono una serie d'immagini in un'area selezionata del cielo, generalmente nella direzione opposta al Sole (che, ovviamente, è sotto l'orizzonte) e, quando notano un puntino di luce (simile a una stella) che cambia la propria posizione, probabilmente hanno fatto centro.

I principianti possono dedicarsi a un'attività più semplice e provare a osservare le occultazioni degli asteroidi. Un'occultazione è un tipo di eclissi che avviene quando un corpo che si muove nel sistema solare passa davanti a una stella. I corpi in questione possono essere la Luna (occultazione lunare), le lune di altri pianeti (occultazione dei satelliti planetari), gli asteroidi (occultazione asteroidale) o pianeti (occultazione planetaria). Anche le comete e gli anelli planetari possono generare occultazioni.

Un'occultazione non sembra granché: si vede solo una stella che scompare per un breve periodo di eclissi. Potete godervi un'occultazione asteroidale senza registrare nessun dato scientifico, ma sarebbe davvero un'occasione sprecata. I dettagli di un'occultazione, infatti, cambiano da un posto all'altro: una stessa occultazione può durare più a lungo in un luogo che in un altro e non verificarsi affatto in un terzo. Dai dati delle occultazioni gli

astronomi possono ricavare una rappresentazione più accurata di alcuni oggetti celesti. Per esempio, talvolta un'occultazione svela che una stella in apparenza normale è in realtà un sistema binario (due stelle in orbita intorno al centro di massa comune; per i dettagli, vedi [Capitolo 11](#)).

Di seguito vi spiegherò come seguire e maneggiare le occultazioni asteroidali.

Un aiuto per seguire un'occultazione



Le occultazioni asteroidali sono ben più difficili da osservare di quelle lunari, perché gli astronomi non riescono a predirle con sufficiente precisione. Per osservarle, si recano in vari posti della prevista *traccia al suolo* (una fascia stretta sulla superficie terrestre dove ci si aspetta che l'occultazione sia visibile, proprio come la fascia di totalità delle eclissi solari descritte nei [Capitoli 2 e 5](#)). Ma siccome i diametri, le orbite e le forme della maggior parte degli asteroidi non con sufficiente accuratezza, le predizioni non possono essere precise. Gli astronomi, allora, hanno bisogno di volontari che monitorino le occultazioni asteroidali in molte località, proprio perché non è possibile sapere a priori dove saranno visibili e dove no. Le osservazioni amatoriali aiutano a determinare la taglia e le forme degli asteroidi coinvolti: unitevi anche voi!



Riferite le vostre osservazioni all'International Occultation and Timing Association (IOTA); controllate il sito www.occultations.org, dove potrete scaricare gratuitamente il manuale di osservazione dello IOTA e riempire e spedire il modulo per inviare le vostre osservazioni. Il sito dello IOTA è aggiornato regolarmente per offrire le ultime previsioni delle

occultazioni asteroidali e non, dategli uno sguardo di tanto in tanto. Lo IOTA raccomanda di iniziare lo studio delle occultazioni affiancati da un astronomo più esperto.

Cronometrare l'occultazione di un asteroide



Per rendere scientificamente utile la vostra osservazione degli asteroidi, dovete annotare con accuratezza l'ora e il luogo esatti in cui avete visto l'occultazione (ora UTC, latitudine, longitudine e altezza). Un tempo gli osservatori annotavano la posizione guardando una carta geografica, mentre oggi potete usare più comodamente e con maggiore accuratezza un ricevitore GPS o un'app per smartphone.

Capitolo 8

Grandi palle di gas: Giove e Saturno

In questo capitolo

- ▶ Conoscere i pianeti gassosi giganti
 - ▶ Individuare la Grossa Macchia Rossa e le lune di Giove
 - ▶ Osservare gli anelli e le lune di Saturno
-

Giove e Saturno, collocati oltre Marte e la fascia degli asteroidi, offrono alcune delle immagini più belle che si possano osservare con un piccolo telescopio, e di solito almeno uno dei due si trova in posizione favorevole. Le quattro lune più grosse di Giove e i celebri anelli di Saturno sono fra le mete classiche per gli sguardi al telescopio, concessi dagli astronomi dilettanti a familiari e amici. Anche se non è semplice da intuire attraverso il telescopio, le fondamenta scientifiche di questi due enormi pianeti e dei loro satelliti è altrettanto affascinante. In questo capitolo descriverò le magnifiche immagini che potete osservare attraverso il telescopio e vi svelerò le caratteristiche base dei due pianeti più grossi del nostro sistema solare.

La pressione è alta: in viaggio all'interno di Giove e Saturno

Giove e Saturno sono come hot dog pieni di coloranti alimentari illegali. La carne non è un mistero, gli ingredienti aggiuntivi sì. Quello che si vede

nelle fotografie telescopiche di Giove e Saturno sono le nubi, costituite da ghiaccio di ammonio, ghiaccio d'acqua (come i cirri sulla Terra) e da un composto detto idrosolfuro di ammonio. Potrebbero far parte del mix anche delle nuvole formate da gocce d'acqua. Ma l'apparenza inganna. La materia che compone queste nubi è piena di tracce più o meno esigue di altre sostanze; Giove e Saturno sono composti in gran parte da elio e idrogeno, come il Sole, ma nonostante tutte le teorie formulate, gli scienziati non capiscono ancora cosa renda rossa la Grande Macchia Rossa di Giove o cosa provochi le altre tinte biancastre che appaiono nelle nubi di questi due grossi pianeti.

Giove e Saturno sono i più grossi dei quattro pianeti gassosi, gli altri due sono Urano e Nettuno. La massa di Giove è 318 volte quella della Terra e la massa di Saturno supera quella terrestre di circa 95 volte. Così, la loro gravità è enorme e il peso degli strati superficiali esercita un'enorme pressione sull'interno dei due pianeti. Scendere all'interno di Giove e Saturno è come immergersi nelle profondità marine: più si scende, più la pressione aumenta. Ma a differenza del mare, la temperatura aumenta rapidamente con la profondità, perciò: che non vi venga in mente di fare immersioni, lassù!

In quota, tra le nubi atmosferiche fino alle altezze dove gli astronomi riescono a guardare, la temperatura scende fino a $-149\text{ }^{\circ}\text{C}$ su Giove e $-178\text{ }^{\circ}\text{C}$ su Saturno. Ma a grandi profondità la compressione prende il sopravvento e, raggiunti i 10.000 chilometri sotto le nubi di Giove, la pressione è 1 milione di volte quella sulla Terra a livello del mare e la temperatura uguaglia quella della superficie del Sole! Inoltre, Giove è più strano del Sole. A quella profondità, la densità degli spessi gas è maggiore di quella della superficie solare e il caldo gas idrogeno è così compresso da comportarsi come un metallo liquefatto. All'interno di Giove e Saturno le turbinose correnti di questo idrogeno metallico liquido generano campi magnetici che si propagano fuori dal pianeta sin nello spazio.

Giove e Saturno brillano intensamente a luce infrarossa, generando un'energia pari a quella ricevuta dal Sole (la Terra, invece, ricava quasi tutta la sua energia dal Sole). Il calore che si muove verso l'alto, insieme a quello proveniente dai raggi solari diretti verso il basso, rimescola le loro

atmosfera generando correnti a getto, uragani e altri fenomeni atmosferici che contribuiscono a cambiare in continuazione l'aspetto di questi pianeti.

Una stella mancata: come guardare Giove



La massa di Giove è circa 1 millesimo del Sole. A volte gli scienziati chiamano il pianeta “stella mancata” perché se avesse una massa di solo 80 o 90 volte maggiore, la temperatura e la pressione del centro sarebbero tanto alte da innescare la fusione nucleare senza più interrompersi. E Giove comincerebbe a brillare di luce propria, diventando una stella!

Giove ha un diametro di circa 143.000 chilometri, cioè circa 11 volte la Terra. Questo gigante gassoso ruota a una velocità enorme e compie un giro intero in appena 9 ore, 55 minuti e 30 secondi. E gira così veloce che la rotazione lo fa gonfiare all'equatore e appiattire ai poli. Con una visuale nitida e l'aria ferma, potete vedere la sua forma *oblata* anche al telescopio.



L'alta velocità di rotazione produce fasce di nubi in continuo cambiamento, parallele all'equatore. Guardando il pianeta al telescopio, vediamo in realtà la parte esterna delle nubi. A seconda delle condizioni visive, delle dimensioni e della qualità del vostro telescopio e delle condizioni dello stesso Giove, potrete vedere da una fino a venti fasce di nubi (vedi [Figura 8.1](#)).

Figura 8.1 Giove e le fasce di nubi provocate dalla sua velocità di rotazione.



Per concessione della NASA.

Le fasce di nubi più scure sono dette *bande*; quelle più chiare sono le *zone*. Visto al telescopio, Giove assomiglia a un disco tondo. Proprio al centro del disco si trova la Zona Equatoriale, fiancheggiata dalla Banda Equatoriale Nord e dalla Banda Equatoriale Sud (NEB e SEB: North Equatorial Band e Sud Equatorial Band). Nella SEB si può vedere la Grande Macchia Rossa, spesso la caratteristica più evidente. Questa perturbazione, talvolta paragonata a un grosso uragano, si libra nell'atmosfera di Giove da almeno 120 anni. A dire il vero, la Grande Macchia potrebbe essere già stata vista nel lontano 1664, però, se anche fosse così, scomparve subito per poi riapparire nel XIX secolo.



Giove è facile da trovare perché, come Venere (vedi [Capitolo 6](#)), è più luminoso di qualunque stella in cielo (con una piccola eccezione: quando la sua orbita lo porta più lontano dal Sole, potrebbe essere leggermente meno luminoso della stella più brillante, Sirio). Se avete un telescopio computerizzato in grado di puntare nella direzione del pianeta, potrete vederlo anche di giorno, a volte. In circostanze eccezionali è infatti possibile localizzare Giove con un binocolo o addirittura a occhio nudo anche in pieno giorno. Un bel cielo blu con poca polvere sospesa aiuta, come anche le app per smartphone, tipo Google Sky Map o Sky Safari (vedi [Capitolo 2](#)).

Quando sarete in grado di localizzare Giove con facilità, sarete pronti per osservazioni un po' più dettagliate. Nei prossimi paragrafi troverete le indicazioni per individuare le principali caratteristiche di Giove e le sue lune.

Alla ricerca della Grande Macchia Rossa

La Grande Macchia Rossa, mostrata in [Figura 8.2](#), è una tempesta grande come la Terra, e a volte anche di più, che si trova nella banda equatoriale sud. Come la maggior parte delle caratteristiche di Giove, può variare di giorno in giorno. Il suo colore cambia da più pallido a più scuro. Vicino alla macchia si formano nubi bianche che si spostano lungo la SEB, grandi abbastanza da essere visibili anche con alcuni telescopi amatoriali. A volte sembra che una nube della SEB o di un'altra banda si allunghi sul pianeta, stirandosi soprattutto in senso longitudinale. Una nube con questa forma lineare è detta *festone*, e se riuscite a individuare questo spettacolo così interessante avrete davvero un'occasione per festeggiare!

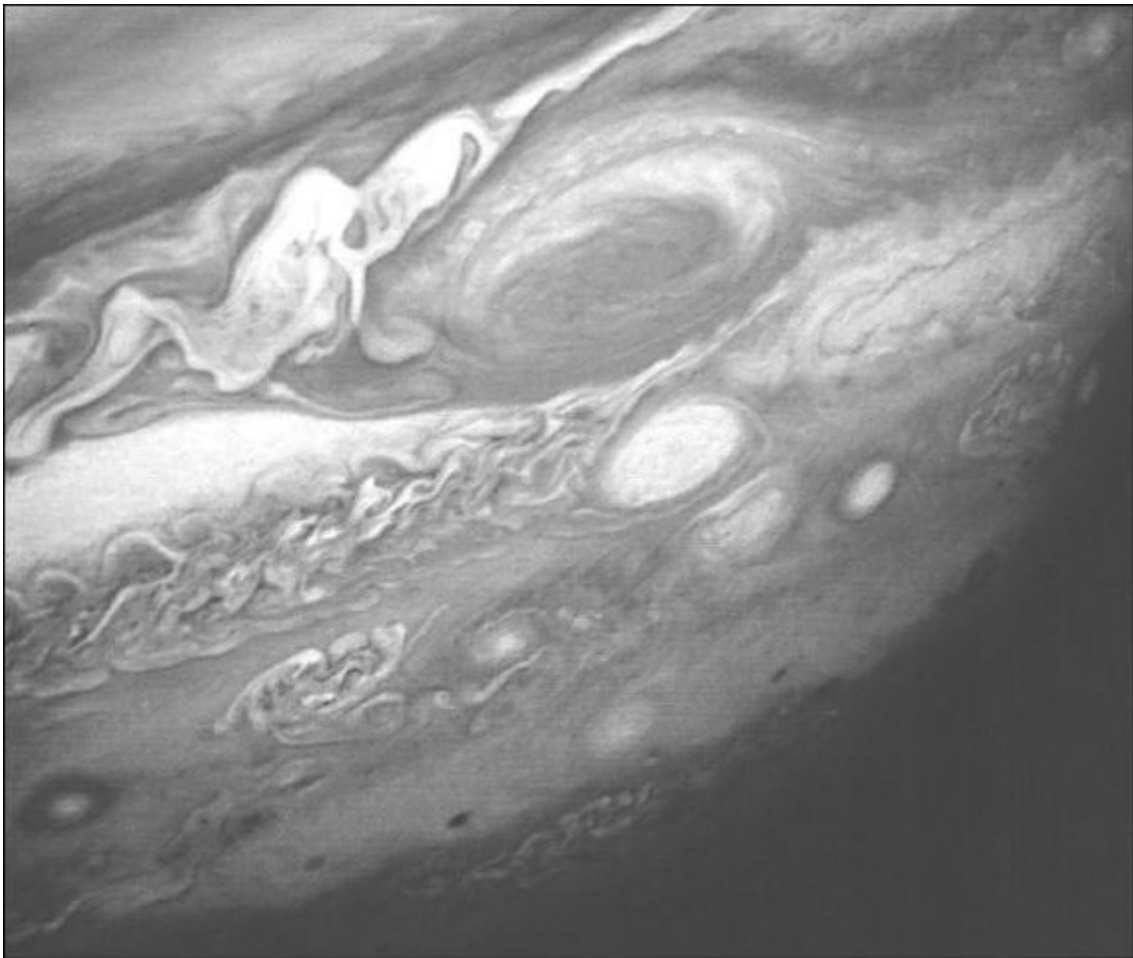


Se durante un'osservazione non riuscite a vedere subito la Grande Macchia Rossa, la causa potrebbe essere il suo pallore in quel momento, ma più probabilmente il fatto che si trovi dall'altra parte di Giove. Dovete aspettare che il pianeta si rigiri.

Guardando i tratti caratteristici di Giove al telescopio di notte, a intervalli di un'ora o due, potrete vedere la macchia e altri dettagli più piccoli muoversi attraverso il pianeta mentre ruota su se stesso.

Nei primi anni Novanta, la SEB sembrò svanire in una notte. Dopo un po' riapparve. Questa banda è scomparsa e poi riapparsa diverse volte da allora. Spesso sono proprio gli astronomi dilettanti a notare per primi questi eventi nella SEB. Perciò, mentre vi godete lo spettacolo di Giove e delle sue macchie, prestate attenzione alle novità.

Figura 8.2 La Grande Macchia Rossa di Giove è una tempesta spettacolare.



Per concessione della NASA.

Le immagini delle lune di Giove

In tutte le notti in cui la visuale è buona, un telescopio può rilevare le strutture presenti in cima alle nubi di Giove: bande, zone, macchie e forse altro ancora. Inoltre, è possibile vedere una o più delle quattro grandi lune del pianeta: Io, Europa, Ganimede e Callisto (la foto di Giove e delle sue lune è riportata nella galleria a colori del libro).

I gioielli invisibili di Giove

Sapevate che Giove possiede anelli sottili composti da particelle di roccia, che sono forse minuscoli frammenti di numerosi massi che dovevano essere presenti in passato? A differenza dei famosi anelli di Saturno, i gioielli di Giove sono scuri e quindi invisibili ai telescopi amatoriali. A dire il vero, questi anelli sono difficili da vedere con quasi qualunque telescopio, tranne l'Hubble, mentre si osservano meglio con i dispositivi portati dalle sonde nell'orbita gioviana.

Dagli anelli si sollevano microscopiche particelle che formano un alone spesso che circonda gli strati superiori dell'atmosfera di Giove, e talvolta si confonde con questa.

La sonda della NASA Galileo, in orbita intorno a Giove dal 1995 al 2003, ha ripreso bellissime immagini degli anelli. Le potete vedere, insieme a molte altre, sul sito del Planetary Photojournal della NASA (<http://photojournal.jpl.nasa.gov/index.html>). Basta cliccare sull'immagine di Giove e seguire i link.



Le quattro lune più visibili di Giove (ne sono state contate 62 più piccole, almeno fino a marzo 2012) sono conosciute come *lune galileiane* o satelliti galileiani, dal nome del loro scopritore, Galileo Galilei. Ciascuna di queste quattro lune orbita quasi esattamente sul piano equatoriale del pianeta, per cui ognuna è sempre da qualche parte sopra l'equatore di Giove. Ogni buon telescopio è in grado di individuare le lune galileiane, e molti

riescono persino a vederne due o tre attraverso un buon binocolo. La più interna, invece, Io, è molto difficile da individuare con un binocolo perché orbita vicinissima al pianeta che è molto luminoso.

Con i vostri telescopi non riuscirete a cogliere dettagli sufficienti per farvi un'idea di come siano le superfici delle lune gioviane, ma studiandole con attenzione potrete notarne le differenze di luminosità e forse anche di colore.

Dando un'occhiata alle immagini delle lune galileiane scattate dalle sonde, vedrete che ogni luna è un piccolo mondo a sé, con formazioni e paesaggi che danno a ognuna un carattere distinto (per un elenco dei siti web dove si possono vedere queste immagini, leggete il paragrafo "Il momento migliore per guardare le lune" in questo capitolo).

Ecco le caratteristiche fondamentali delle quattro lune gioviane:

- ✓ **Callisto:** ha una superficie scura segnata da molti crateri bianchi, probabilmente composta da ghiaccio sporco, cioè un miscuglio di ghiaccio e roccia. Gli impatti di asteroidi, comete e grossi meteoroidi hanno portato in superficie il ghiaccio pulito presente in profondità, costituendo i crateri bianchi;
- ✓ **Europa:** ha un suolo increspato che sembra fatto di placche di ghiaccio. Questa superficie potrebbe essere una crosta di ghiaccio che nasconde un oceano di acqua e fango, profondo forse 150 chilometri. Gli scienziati hanno prove convincenti della presenza di acqua liquida nel sottosuolo di Europa, caratteristica che la accomuna così alla Terra, insieme a soli altri cinque luoghi del sistema solare, cioè Callisto, Ganimede e le lune di Saturno, Encelado e Titano;
- ✓ **Ganimede:** con i suoi 5.262 chilometri di diametro, è la luna più grossa del sistema solare, più grande persino di Mercurio, il cui diametro misura 4.850 chilometri. La superficie a macchie di Ganimede è composta rispettivamente da terreno chiaro e scuro, ghiaccio e roccia. Il tratto più caratteristico è il Valhalla, un grosso bacino d'impatto grande quasi quanto gli Stati Uniti continentali, a giudicare dal bordo esterno;

- ✓ **Io:** la superficie di questa luna è costellata da più di 400 vulcani. Escludendo il nostro pianeta, Io è l'unico posto in cui abbiamo prove certe di attività vulcanica in corso, così come la conosciamo sulla Terra, con lava calda che fuoriesce dal terreno (per un caso di vulcanismo ghiacciato, invece, leggete la descrizione della luna di Saturno, Encelado, più avanti in questo capitolo). Su Io non ci sono crateri d'impatto visibili, perché la lava degli onnipresenti vulcani li ha coperti tutti.

Anche se non possedete i sofisticati strumenti spaziali che regalano viste ravvicinate ricche di dettagli, con i vostri telescopi potrete ugualmente osservare alcuni aspetti interessanti di queste lune mentre orbitano intorno a Giove. Nei paragrafi successivi elencherò alcuni fenomeni che potrebbero influenzare le vostre osservazioni lunari, come le eclissi, le occultazioni e i transiti.

Riconoscere i movimenti lunari

Ganimede, Io, Europa e Callisto sono sempre in movimento, compaiono e scompaiono mentre girano attorno a Giove mutando le loro posizioni relative. A volte si vedono tutte, altre no. Se non riuscite a individuare una delle lune, ecco le possibili spiegazioni:

- ✓ potrebbe essere in corso un'*occultazione*, che avviene quando una delle lune passa dietro a un lembo di Giove, cioè al bordo del disco che si vede al telescopio;
- ✓ la luna potrebbe essere in *eclissi*, quando entra nell'ombra di Giove. Trovandosi spesso la Terra in una posizione molto laterale rispetto a un'immaginaria linea retta che unisce Giove e il Sole, l'ombra di Giove, vista dal nostro pianeta, può apparire molto estesa su un lato. Quando una luna, prima chiaramente visibile fuori dal lembo di Giove, sbiadisce e poi scompare, significa che sta entrando nell'ombra del pianeta;
- ✓ la luna potrebbe trovarsi in *transito* attraverso il disco di Giove; in questi momenti è particolarmente difficile da vedere, perché le lune sono di un colore pallido, non semplice da distinguere contro

l'atmosfera nuvolosa di Giove. A dire il vero, una luna in transito può essere anche più difficile da individuare della sua ombra.



Potete anche vedere un'*ombra lunare*; ciò accade quando una delle lune si trova sul lato illuminato di Giove e la sua ombra cade sul pianeta. Quest'ombra appare come una macchia nera che attraversa il pianeta, molto più scura di qualsiasi dettaglio delle nubi. In quel momento la luna che proietta l'ombra può trovarsi in transito, ma non è sempre così. Quando la Terra è molto spostata rispetto alla linea Sole-Giove, è possibile vedere una luna esterna al lembo del pianeta proiettare la propria ombra sulla superficie.

Il momento migliore per guardare le lune



La rivista *Sky & Telescope* offre un calendario mensile di occultazioni, eclissi, eventi d'ombra e transiti delle quattro lune galileiane. Sia questa pubblicazione sia *Astronomy*, riportano una carta mensile che mostra le posizioni delle quattro lune rispetto al disco di Giove, notte dopo notte (per dettagli sulle riviste di astronomia, vedi il [Capitolo 2](#)). Potete distinguere una luna dall'altra confrontando quello che vedete nel telescopio con la carta.



Guardando le lune di Giove, ricordate queste semplici regole generali:

- ✓ tutte le lune galileiane orbitano intorno a Giove nella stessa direzione. Quando si trovano davanti a Giove, rispetto alla Terra si muovono da est a ovest, mentre, quando si trovano dietro, si spostano da ovest verso est;
- ✓ una luna in transito si muove verso ovest, mentre una prossima all'occultazione o all'eclissi si muove verso est, seguendo la direttrice geografica est-ovest nel cielo della Terra.

In condizioni di visibilità ottime, potete distinguere un paio di dettagli di Ganimede, la luna più grande, anche con un telescopio da 150 mm (trovate informazioni sui telescopi nel [Capitolo 3](#)). Ma per riuscire a vedere i dettagli della superficie vi servono le immagini scattate da una sonda interplanetaria che abbia visitato il sistema di Giove.



Le immagini migliori di Giove e delle sue lune sono quelle scattate dalle sonde spaziali Galileo, Voyager 1, Voyager 2 e dal telescopio spaziale Hubble:

- ✓ le immagini scattate dalla sonda Galileo si possono vedere sul sito <http://solarsystem.nasa.gov/galileo/gallerya/index.cfm>. Una volta aperta la pagina, cliccate sulle immagini di Giove o delle sue lune per vedere le foto dell'oggetto scelto;
- ✓ le immagini delle Voyager, e anche altre, sono visibili sul sito del Planetary Photojournal della NASA (<http://photojournal.jpl.nasa.gov>). Quando vedrete i pianeti, cliccate sull'immagine di Giove;
- ✓ per le immagini scattate dall'Hubble, andate a vedere la galleria dello Space Telescope Science Institute all'indirizzo <http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/solar-system/jupiter>. Una nuova sonda, Juno, è in viaggio alla volta del pianeta; il suo arrivo è previsto per agosto 2016. Potete seguire il suo viaggio sul sito www.nasa.gov/mission_pages/juno/main/index.html.

Passaggio a una distanza che colpisce

In rare occasioni può capitare che una cometa o un asteroide colpiscano Giove causando la temporanea presenza di una chiazza scura sulle bande di nubi che può durare per mesi. Gli scienziati non ne avevano idea fino al luglio 1994, quando grossi pezzi della cometa distrutta Shoemaker-Levy 9 colpirono il pianeta. Da allora, hanno esaminato con attenzione anche tutte le vecchie segnalazioni su quelle caratteristiche sospette che potrebbero essersi prodotte nello stesso modo.

Dal 1994 gli scienziati sanno che se compare una chiazza scura potrebbe trattarsi dei detriti di un oggetto in impatto, non soltanto di un'altra formazione nuvolosa sul pianeta a strisce. Nel luglio 2009, vicino a Canberra, in Australia, l'astronomo dilettante Anthony Wesley scoprì una chiazza nuova su Giove con il suo telescopio da 350 mm. Avvisò gli scienziati, e il telescopio spaziale Hubble fotografò la chiazza che aveva un diametro di 8.000 chilometri (il corpo impattante era molto più piccolo, proprio come una casa in fiamme sembra minuscola in confronto alla nube di fumo generata). Nel giugno 2010 Wesley notò un breve lampo vicino al bordo del disco di Giove. Era la luce provocata dalla caduta di un grosso meteoroido, e un altro dilettante delle Filippine ne girò un video. Perciò: tenete gli occhi (e i telescopi) aperti se guardando Giove notate caratteristiche inconsuete!

Se notate qualcosa di nuovo ed entusiasmante su Giove o Saturno (di cui parlerò tra breve), mandate la vostra segnalazione all'International Outer Planet Watch (<http://atmos.nmsu.edu/ijw/ijw.html>), alla Jupiter Section dell'Association of Lunar and Planetary Observers (www.alpoastronomy.org/jupiterblog) o alla Jupiter Section della British Astronomical Association (www.britastro.org/jupiter). E monitorate questi siti per le ultime novità su Giove.

Gli occhi su Saturno, la nostra principale attrazione planetaria

Saturno è il secondo pianeta del sistema solare in grandezza; il suo diametro misura 121.000 chilometri ed è noto soprattutto per la sua sorprendente serie di anelli. Per secoli gli astronomi hanno creduto che fosse l'unico pianeta a possederli, ma oggi sappiamo che tutti e quattro i pianeti gassosi giganti, Giove, Saturno, Urano e Nettuno, sono circondati da anelli, ma per lo più sono troppo opachi per essere visibili con i telescopi terrestri. L'unica evidente eccezione è Saturno.

Secondo molti osservatori Saturno è il pianeta più bello. Oltre ai famosi anelli facilmente visibili attraverso quasi tutti i telescopi, si può scorgere anche Titano, la sua luna gigante. Molti astronomi considerano gli anelli di Saturno lo spettacolo celeste più suggestivo, ma per chi non un è astronomo, anche Titano rappresenta una notevole attrazione.

Di seguito fornirò tutte le indicazioni per osservare gli anelli, le tempeste e le lune di Saturno, ma non perdetevi anche le immagini di Saturno nella galleria di fotografie a colori allegata al libro!

Intorno al pianeta



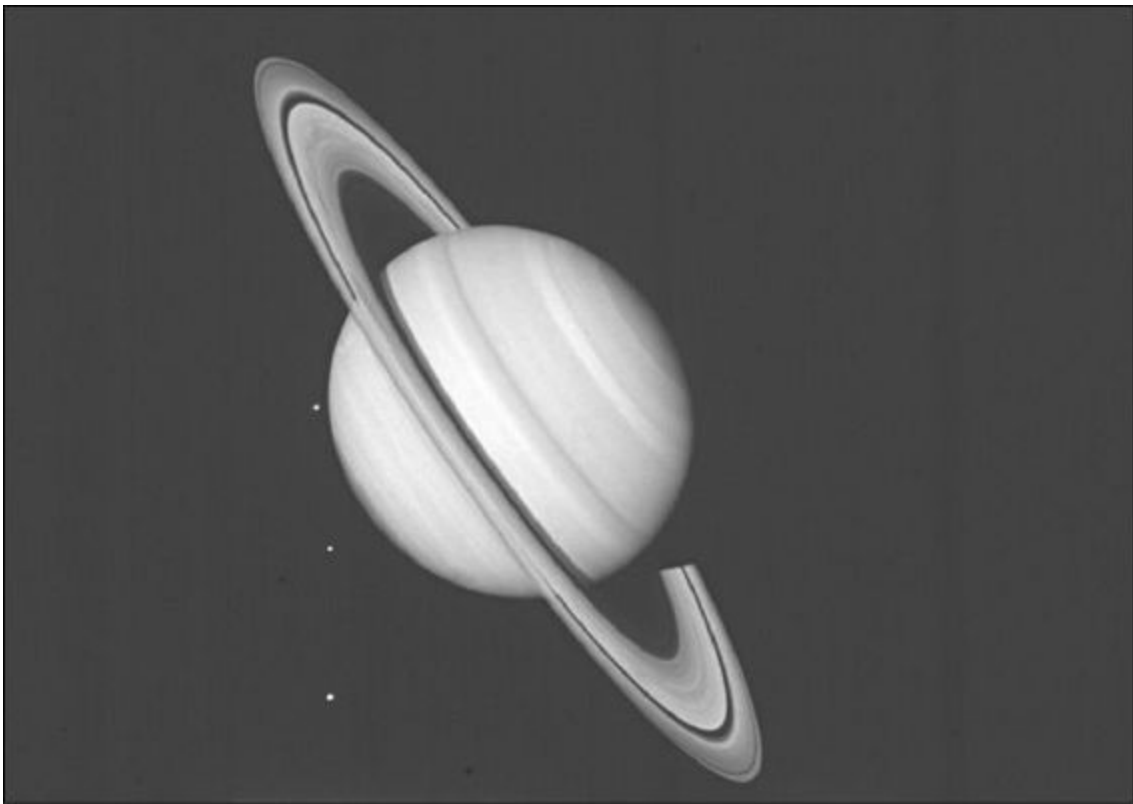
Gli anelli di Saturno sono solitamente facili da vedere perché sono grandi e composti da particelle di ghiaccio brillanti, tra cui milioni di piccoli frammenti ghiacciati, alcune palline di ghiaccio e alcuni pezzi delle dimensioni di una grossa pietra. Potete godervi lo spettacolo offerto dagli anelli anche con un piccolo telescopio e distinguere l'ombra sul disco di Saturno (si veda la [Figura 8.3](#)). In condizioni eccellenti di visibilità si potrebbe anche distinguere la *divisione di Cassini*, uno spazio vuoto fra gli anelli, che porta il nome del suo scopritore.

Pur avendo un diametro di oltre 200.000 chilometri, gli anelli di Saturno sono spessi solo alcuni metri. In proporzione, sono come “uno strato di fazzolettini di carta disteso su un campo da football”, come scrisse una volta il Professor Burns della Cornell University. Ma non utilizzateli per

soffiarvi il naso: riempirvi le narici di ghiaccio potrebbe mandarvi in orbita più che sniffare colla, non ve lo consiglio assolutamente!

Saturno compie un giro su se stesso in 10 ore, 39 minuti e 22 secondi ed è anche più oblatto, cioè più appiattito ai poli, di Giove. I suoi anelli, tuttavia, tendono a ingannare lievemente la vista, per cui può essere difficile vedere la forma schiacciata del pianeta.

Figura 8.3 Gli anelli di Saturno sono costituiti da frammenti di ghiaccio e roccia.



Per concessione della NASA.

Gli anelli sono molto larghi, ma molto sottili. Mantengono un orientamento fisso, con la faccia rivolta in una precisa direzione nello spazio. Ogni anno arriva un momento in cui cambiano la loro angolazione rispetto alla direzione abituale, orientandosi prima in modo più perpendicolare del solito e, tre mesi dopo, in modo molto meno angolato che nel resto dell'anno.

Nei 30 anni impiegati da Saturno a percorrere la propria orbita, ci sono momenti in cui gli anelli sono esattamente di taglio, e sembrano svanire del tutto, se visti dai piccoli telescopi, a volte anche da quelli grandi. Non è possibile vedere gli anelli quando si presentano di taglio perché sono estremamente sottili. In queste occasioni, attraverso un telescopio potente, si possono vedere come una riga scura che si staglia sul disco di Saturno. L'ultima scomparsa degli anelli è avvenuta nel 2009 e spariranno nuovamente nel 2025.

Le tempeste di Saturno

Saturno possiede bande e zone, proprio come Giove (vedi: “Una stella mancata: come guardare Giove”, in questo capitolo), ma quelle di Saturno sono meno contrastate e più difficili da vedere. Cercatele nei periodi in cui le condizioni atmosferiche sono più favorevoli, con un oculare potente potrete vedere i dettagli del pianeta al telescopio.



Circa una volta ogni 20 o 30 anni, nell'Emisfero Nord di Saturno compare una grossa nube bianca, la “grande tempesta bianca”. Venti che soffiano ad alta velocità fanno espandere la nube finché non forma una spessa striscia luminosa intorno al pianeta che può durare anche per alcuni mesi. Talvolta sono gli astronomi dilettanti a individuarla per primi. L'ultima grossa tempesta cominciò nel 2010, per cui potreste dover aspettare un bel po' per poterne vedere un'altra. Nel frattempo, fate attenzione alle piccole nubi che possono crescere e diffondersi su parte del pianeta.

Titano, una luna di ragguardevoli dimensioni

La luna più grande di Saturno, Titano, è più grossa di Mercurio. Il suo diametro misura 5.150 chilometri. Alcune delle lune più grosse hanno atmosfere sottili, ma quella di Titano è spessa e nebbiosa, ed è composta da azoto e da tracce di gas come il metano. Vedere attraverso l'atmosfera di

Titano non è facile, ma nel 2004, Cassini, una sonda spaziale della NASA, ha cominciato a mappare la sua superficie utilizzando la luce infrarossa, ottima per questo scopo, e i radar, che sono ancora meglio. Il 14 gennaio 2005, Huygens, una sonda dell' Agenzia Spaziale Europea (ESA, European Space Agency) è atterrata su questa luna e la maggior parte di quello che sappiamo è frutto del lavoro di Cassini e di Huygens.

La superficie è prevalentemente piatta e liscia. A latitudini più elevate la luna ha laghi di idrocarburi liquidi, probabilmente metano ed etano (gli idrocarburi sono vari composti chimici formati da idrogeno e atomi di carbone; sulla Terra sono presenti naturalmente nel petrolio grezzo che fuoriesce dal terreno). Sulla Terra abbiamo il ciclo dell'acqua, che cade sotto forma di pioggia, si raccoglie in fiumi e laghi, evapora in vapore acqueo che sale nell'atmosfera, da cui poi ricade nuovamente sulla terra come pioggia. Anche Titano ha un ciclo simile, ma riguarda una pioggia di metano, laghi di metano e gas metano. Titano è così freddo che tutta l'acqua presente è permanentemente congelata. E congela anche una parte degli idrocarburi: nelle aree asciutte si trovano delle dune che non sono composte di sabbia, come le dune sulla Terra, ma sono formate molto probabilmente da particelle di idrocarburi congelati (forse anche voi avrete in casa alcuni idrocarburi solidi, come il polistirolo e la plastica utilizzata per i bicchieri usa e getta).

Se sulla superficie di Titano ci fosse dell'acqua, sarebbe tutta congelata. Nel 2012, Cassini ha scoperto che a circa 100 chilometri di profondità sotto la superficie, dove le temperature sono più elevate, c'è un oceano d'acqua.

Encelado: una luna criptica

Una delle scoperte più interessanti di Cassini è stata l'esistenza di sfiati nella regione polare sud del satellite di Saturno Encelado. Vapore acqueo, particelle di ghiaccio e altre sostanze fuoriescono da questi sfiati, come versioni fredde dei geysir di vapore bollente dell'Islanda o del Parco Nazionale di Yellowstone negli Stati Uniti. Le eruzioni di materiale congelato come queste sono note come *criovulcanismo*. Gli astronomi hanno concluso che i geysir di Encelado sono alimentati da una fonte d'acqua sotterranea, abbastanza calda da ospitare la vita, ammesso che

qualcosa ci viva. La superficie di Encelado è costellata da cristalli di ghiaccio sempre nuovi che la rendono particolarmente brillante. Alcune di queste particelle ghiacciate vengono espulse nello spazio, dove si uniscono a uno degli anelli di Saturno.



Titano si può vedere con un piccolo telescopio di buona qualità. Si possono scorgere anche altre due lune di Saturno, Rea e Dione, quando si trovano più vicine alle elongazioni del pianeta (per maggiori dettagli sulle elongazioni, vedi [Capitolo 6](#)). Potete trovare una carta mensile delle posizioni di queste lune rispetto al disco di Saturno sulla rivista *Sky & Telescope*. A marzo del 2012, Saturno aveva 62 lune conosciute, la maggior parte delle quali è troppo piccola per essere vista con un telescopio amatoriale.



La sonda Cassini è nel bel mezzo di un lungo tour di Saturno e delle sue lune che dovrebbe durare almeno fino al 2017. Potrete vedere fotografie e altri dati inviati da Cassini sulla pagina della Cassini Solstice Mission (<http://saturn.jpl.nasa.gov>) e sul sito del Cassini Imaging Central Laboratory for Operations (CICLOPS, www.ciclops.org).



Le lune dalla nascita e le lune convertite orbitano in armonia

Ci sono due specie di lune: quelle regolari e non. Le lune regolari orbitano tutte sul piano equatoriale dei loro pianeti, nella stessa direzione in cui il pianeta gira sul proprio asse. Questa direzione è detta *prograda* o diretta. Le lune regolari si sono quasi certamente formate intorno a Giove e a Saturno, da un disco equatoriale costituito da materiale protoplanetario e protolunare. Per cui, i due pianeti, insieme alle loro numerose lune, sono come sistemi solari in miniatura con al centro un pianeta invece che una stella.

Ma alcune lune sono come Elsa, la leonessa “nata libera” e catturata da cucciola. Orbitano nella direzione opposta a quella di rotazione del pianeta. Queste orbite sono dette *retrograde* e sono molto spesso inclinate rispetto al piano equatoriale dei loro pianeti. Le lune a moto retrogrado si sono formate in altre parti del sistema solare, forse come asteroidi, e sono state catturate successivamente dalla gravità di Giove e Saturno.

A marzo 2012, Giove ha 66 lune accertate e Saturno 62. Ciascun pianeta ha probabilmente ancora un certo numero di altre piccole lune, visto che gli astronomi continuano a scoprirne di nuove. Qualunque numero di lune trovate riportato su un libro potrebbe già essere obsoleto nel momento in cui lo leggete. Alcune volte gli astronomi annunciano nuove lune, ma non le conteggiano. Le fonti ufficiali dell'Unione Astronomica Internazionale vogliono essere sicure della conferma di queste scoperte. Potete dare un'occhiata alle ultime notizie sui satelliti naturali di Giove, Saturno e di altri pianeti sul sito del Solar System Dynamic della NASA (http://ssd.jpl.nasa.gov/?sat_discovery). Quanto alle lune senza nome, sono scoperte recenti ancora in attesa di conferma.

Capitolo 9

Mondi lontani: Urano, Nettuno, Plutone e oltre

In questo capitolo

- ▶ Conoscere Nettuno e Urano, pianeti di roccia, acqua e gas
- ▶ La ridefinizione della natura di Plutone
- ▶ Immaginare la Fascia di Kuiper
- ▶ Osservare il sistema solare esterno

Sebbene Marte e Venere siano più vicini alla Terra, e Giove e Saturno siano i due pianeti più luminosi e appariscenti, anche osservare i pianeti esterni ha il suo fascino e offre le sue soddisfazioni. Questo capitolo vi presenterà i due pianeti più lontani del sistema solare esterno, Urano e Nettuno, e descriverà anche Plutone (oggi definito come pianeta nano). Troverete poi i dettagli sulle lune di Urano, Nettuno e Plutone, insieme ai consueti suggerimenti per l'osservazione di questi mondi lontani. E, per finire, alcuni dettagli sulla Fascia di Kuiper.

Rompere il ghiaccio con Urano e Nettuno

I tratti principali di Urano e Nettuno sono:

- ✓ hanno dimensioni simili e simili composizioni chimiche;
- ✓ sono più piccoli e densi di Giove e Saturno;

- ✓ entrambi i pianeti sono al centro di piccoli sistemi di lune e anelli;
- ✓ entrambi mostrano i segni di un lontano impatto con un corpo celeste di grandi dimensioni.

Le atmosfere di Urano e Nettuno, come quelle di Giove e Saturno (vedi [Capitolo 8](#)), sono composte principalmente da elio e idrogeno. Ma gli astronomi definiscono Urano e Nettuno *pianeti di ghiaccio* perché le loro atmosfere circondano nuclei di roccia e acqua. Su Urano e Nettuno l'acqua si trova a una profondità e a una pressione tali da presentarsi sotto forma di liquido caldo. Ma quando, miliardi di anni fa, i pianeti si formarono dall'unione di corpi celesti più piccoli, l'acqua era congelata.



Potete distinguere un autentico scienziato planetario da una persona qualunque perché il primo definisce “ghiaccio” l’acqua calda all’interno di Urano e Nettuno che la persona normale chiama ingenuamente “acqua calda”. Gli scienziati usano il linguaggio tecnico come i predatori utilizzano gli odori, cioè per marcare il territorio.

La massa di Urano è circa 14,5 volte quella della Terra, mentre la massa di Nettuno è pari a 17,2 masse terrestri, eppure i due pianeti appaiono più o meno grandi uguali. Urano, più leggero, è di poco più grande, con un diametro all’equatore lungo 51.118 chilometri, mentre quello di Nettuno è di 49.528 chilometri.

Il giorno di Urano dura circa 17 ore e 14 minuti, quello di Nettuno 16 ore e 7 minuti, così, come Giove e Saturno, anche questi due pianeti ruotano più velocemente della Terra. Anche se i giorni, su Urano e Nettuno, sono più corti, i loro anni sono più lunghi. Urano impiega circa 84 anni terrestri per compiere un viaggio intorno al Sole, Nettuno ne impiega circa 165.

Nei prossimi paragrafi vi racconterò altri fatti interessanti su questi due pianeti, ma intanto non tralasciate di vedere le loro foto nella galleria a colori!

L'inclinazione di Urano e altre sue caratteristiche

La prova che Urano ha subito una seria collisione o uno scontro gravitazionale è il fatto che il pianeta sembra essersi inclinato su un fianco. Invece di essere pressoché parallelo al piano orbitale intorno al Sole, l'equatore di Urano forma un angolo quasi retto, così che il suo equatore, in termini di direzione terrestri, corre approssimativamente in direzione nord-sud.

A volte il Polo Nord di Urano punta verso la Terra e il Sole, mentre a volte è il polo sud a essere rivolto verso di noi. Per circa un quarto della sua orbita solare di 84 anni, il Polo Nord è rivolto approssimativamente verso il Sole, mentre per un altro quarto è il polo sud a volgersi verso la nostra stella; per il resto del tempo il Sole illumina Urano a tutte le latitudini, da polo a polo. Nel 2007 il Sole si trovava sopra all'equatore di Urano: sarebbe stato il momento ideale per andare in spiaggia, se Urano ne avesse una. Sulla Terra, il Sole non si trova mai alto nel cielo al Polo Nord e al Polo Sud, mentre nel 2028 su Urano il Sole si troverà alto nel cielo sul Polo Nord.

Le osservazioni del telescopio spaziale Hubble, e prima ancora dalla sonda spaziale Voyager 2, mostrano che Urano ha una cintura di nubi dal disegno variabile. Nel 2006 apparve una grossa macchia. Le variazioni del disegno nelle nubi di Urano potrebbero essere collegate alle sue stagioni.

A marzo del 2012 Urano aveva 27 lune conosciute. Possiede anche una serie di anelli, composti da un materiale molto scuro, probabilmente roccia ricca di carbone, presente anche in certi meteoriti noti come *condriti carbonacee*. Le lune e gli anelli di Urano orbitano lungo il suo piano equatoriale, come le lune di Galileo orbitano lungo il piano equatoriale di Giove (vedi [Capitolo 8](#)), per cui gli anelli e le orbite lunari di Urano sono quasi perpendicolari al piano della sua orbita intorno al Sole.

Essenzialmente, possiamo pensare a Urano e ai suoi satelliti come a un grosso oblò, a volte rivolto verso la Terra e altre no. Nel passato remoto, probabilmente, uno o più oggetti di grosse dimensioni colpirono il pianeta inclinandolo rispetto alla posizione originale.

Controcorrente: Nettuno e la sua luna più grande

Al contrario di Urano, l'inclinazione di Nettuno è regolare, così l'equatore del pianeta è quasi parallelo al piano orbitale intorno al Sole. I suoi anelli sono molto scuri, come quelli di Urano, e sono probabilmente costituiti da roccia ricca di carbone.

A marzo 2012, Nettuno aveva 13 lune conosciute. La più grossa, Tritone, è più grande di Plutone e ha un diametro di 2.707 chilometri. Visto dall'alto, come tutti i pianeti del sistema solare, Nettuno ruota intorno al Sole in senso antiorario, mentre la maggior parte delle lune ruota in senso antiorario al pianeta. Fa eccezione Tritone, che nelle foto della Voyager 2 assomiglia a un melone, che si muove controcorrente ruotando intorno a Nettuno in senso orario (in altre parole possiede un'orbita retrograda, come spiegato nel [Capitolo 8](#)). Dopo una lunga riflessione, gli scienziati hanno concluso che Nettuno ha catturato Tritone all'inizio della storia del sistema solare. Le opinioni degli esperti variano, ma una delle teorie più accreditate sostiene che a quei tempi il pianeta ebbe una collisione con un sistema binario composto da due piccoli oggetti della Fascia di Kuiper, di cui parlerò alla fine del capitolo. Nettuno catturò Tritone, che costituiva una metà del sistema, mentre l'altro pianeta volò via. Per poter validare questa teoria, però, gli astronomi avrebbero bisogno di ulteriori prove.

Tritone è composto di ghiaccio e roccia, per cui somiglia più a Plutone (si veda il prossimo paragrafo) che a Urano o a Nettuno. La superficie è stata modellata da eruzioni e colate di sostanze ghiacciate fredde, invece che da roccia fusa calda, in altre parole è il risultato cioè del *criovulcanismo* trattato nel [Capitolo 8](#). Su Tritone sono presenti ghiaccio d'acqua, ghiaccio secco, metano congelato, monossido di carbonio congelato e persino azoto solido. Questa luna non presenta molti crateri d'impatto, probabilmente perché nel tempo si sono ridotti a una poltiglia piena di ghiaccio.

Gli ambientalisti sostengono che il turismo eccessivo metta in pericolo i parchi nazionali, per cui prendete in considerazione un viaggio su Tritone: il suo paesaggio è bizzarro come quello dello Yellowstone, forse altrettanto bello, ma aspettatevi un *Paese delle meraviglie* invernali. La superficie ha ondate di gelo, invece che sorgenti calde, e i geysers emettono lunghi

pennacchi di vapori gelidi e non bollenti. Ricordate di portarvi degli stivaletti caldi, oltre alla tuta spaziale!

L'atmosfera di Nettuno presenta cinture di nubi sulle quali, di tanto in tanto, appare la cosiddetta Grande Macchia Scura, che potrebbe essere un'enorme tempesta, come la Grande Macchia Rossa di Giove (vedi [Capitolo 8](#)). La macchia di Giove appare, svanisce e ricompare sempre più o meno nel medesimo punto della stessa cintura di nubi, invece la Grande Macchia Scura di Nettuno, scoperta la prima volta nell'Emisfero Sud nel 1989, scomparve successivamente per riapparire in seguito nell'emisfero opposto, diventando così la Grande Macchia Scura Settentrionale.

Plutone, un pianeta o forse no

Per decenni, gli astronomi ritennero Plutone il pianeta più lontano del nostro sistema solare (vedi [Figura 9.1](#)). In realtà, l'orbita di Plutone dura 248 anni, durante i quali, per alcuni decenni, il pianeta si trova più vicino al Sole di Nettuno; in altre parole, le loro orbite si intersecano e, per un periodo relativamente breve, Nettuno è il pianeta più esterno del sistema solare. Il più recente di questi periodi si è concluso nel 1999, così l'inversione non avverrà più nel corso della vita di tutti gli abitanti attuali della Terra, a meno che la medicina non faccia passi da gigante molto prima del XXIII secolo! Plutone è un pianeta declassato: il 24 agosto 2006, l'International Astronomical Union (IAU) ha deciso di classificarlo come *pianeta nano*.

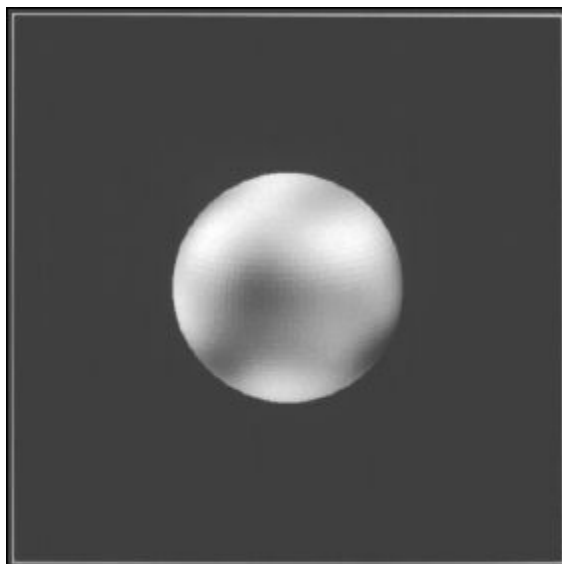
I pianeti nani sono una classe di oggetti astronomici da poco riconosciuta e definita dalla IAU, composta da corpi celesti con le seguenti caratteristiche:

- ✓ orbitano direttamente intorno al Sole (e non a un altro oggetto celeste, come un pianeta);
- ✓ sono abbastanza massivi da generare un campo gravitazionale che dà loro una forma sferica;
- ✓ non hanno “ripulito il vicinato” intorno alla propria orbita.

Ho messo il terzo criterio fra virgolette perché sebbene sia quanto affermato dalla IAU, molti astronomi pensano che il significato di “ripulire il

vicinato” non sia del tutto univoco. L’idea generale è che la gravità di un pianeta disturbi gli oggetti che si trovano nelle orbite vicine, fatta eccezione per le sue lune, per cui questi oggetti, come comete e asteroidi, sono scaraventati su orbite che li allontanano dalle vicinanze del pianeta. Nelle vicinanze di Plutone si trovano molti oggetti della Fascia di Kuiper (vedi la parte finale di questo capitolo), per cui sembra che non abbia ripulito la sua area. Ma anche nell’orbita di Giove si trovano centinaia di cosiddetti *Asteroidi Trojan*, eppure nessuno gli nega lo *status* di pianeta. Forse la IAU ha preso di mira Plutone perché è troppo piccolo per difendersi? Per saperne di più sulla disputa, raccomando senza modestia la lettura di *Pluto Confidential: An Insider Account of the Ongoing Battles over the Status of Pluto* scritto da Laurence A. Marschall e me (BenBella Books, 2009). Nel frattempo, tenete Plutone nei vostri pensieri, anche se è solo un pianeta nano.

Figura 9.1 Plutone è misterioso, roccioso e ghiacciato.



Per concessione della NASA.

Plutone si trova così distante che gli scienziati hanno solo una vaga idea della sua geografia. La sua orbita ellittica allungata lo porta a spaziare da circa 29,7 AU (4,4 miliardi di chilometri) dal Sole fino a circa 49,5 AU (7,4 miliardi di chilometri).



Le immagini scattate dal telescopio spaziale Hubble mostrano regioni più chiare e più scure sulla superficie di Plutone, che potrebbero rispettivamente corrispondere ad aree di ghiaccio recente e antico: questo è tutto quello che oggi gli scienziati sono in grado di dire. Alcuni di loro hanno montato le immagini dell'Hubble, "girando" un video di Plutone che ruota sul suo asse mostrando l'intera superficie. Lo potete vedere sul sito www.hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2010/06/video/b.

New Horizons, La prima sonda spaziale verso Plutone, è stata lanciata dalla NASA nel 2006. Arriverà vicino al pianeta nel 2015 e poi attraverserà la Fascia di Kuiper, una regione situata oltre Nettuno in cui abbondano piccoli corpi celesti ghiacciati (vedi "Allacciate le cinture fino alla Fascia di Kuiper", più avanti in questo capitolo). Potete controllare i progressi e le scoperte della sonda sul sito www.nasa.gov/mission_pages/newhorizons/main/index.html.

Un frammento di luna non cade lontano dal suo pianeta

Come Urano, anche Plutone è inclinato su un lato. Il suo equatore ha un'angolazione di circa 120° rispetto al piano orbitale. Gli astronomi ipotizzano che come Urano abbia subito una forte collisione. Il corpo celeste che la causò probabilmente proveniva dalla Fascia di Kuiper e l'impatto fece rovesciare Plutone lasciandolo fortemente inclinato; i detriti spaziali si condensarono a formare la luna di Plutone, Caronte, secondo un'ipotesi molto simile a quella che ritiene la nostra Luna formata in seguito a un impatto avvenuto sulla Terra (vedi [Capitolo 5](#)).

Tramite il telescopio spaziale Hubble, dal 2004 in poi gli scienziati hanno scoperto altre quattro lune più piccole di Plutone. Almeno tre orbitano intorno al pianeta nano sullo stesso piano di Caronte e, probabilmente, si sono formate in seguito al medesimo impatto.

Plutone impiega 6 giorni, 9 ore e 18 minuti per compiere un giro completo intorno al proprio asse, e Caronte completa un'orbita intorno al pianeta nello stesso identico tempo. Per cui gli emisferi di Plutone e Caronte rivolti l'uno verso l'altro sono sempre gli stessi. Anche nel sistema Terra-Luna lo stesso emisfero lunare è sempre rivolto verso la Terra, ma non viceversa. Una persona sulla faccia vicina della Luna potrebbe vedere tutto il pianeta nel corso di un giorno terrestre, ma una persona su Caronte vedrebbe sempre solo la stessa metà del pianeta Plutone.

Plutone e Caronte sono entrambi mondi rocciosi e ghiacciati e, a differenza di Urano e Nettuno, il loro è ghiaccio reale, non sciolto. Con una temperatura di superficie pari a -233 °C , su Plutone quasi tutto ghiaccia. Sulla superficie sono presenti ghiaccio d'acqua, di metano, di azoto, di ammoniaca e persino monossido di carbonio congelato. Solo all'idea mi vengono i brividi! Gli scienziati hanno trovato alcune di queste sostanze anche su Caronte, ma non tutte.

L'atmosfera di Plutone contiene metano, azoto e monossido di carbonio; e con il tempo cambia: dal 2000 circa ha cominciato a espandersi, ma non uniformemente in tutte le direzioni. Sembra che il monossido di carbonio gassoso di Plutone si stia espandendo in direzione di Caronte, quasi come la coda gassosa di una cometa (per maggiori dettagli sulle comete, vedi [Capitolo 4](#)).

Tuttavia, Plutone non è tutto uniformemente artico. Gli astronomi sospettano che abbia alcune "oasi tropicali", in cui la temperatura si innalza fino a -213 °C .

Un confronto tra il piccolo Plutone e alcune grosse lune

Plutone ha un diametro di 2.300 chilometri, molto inferiore a quello di qualunque altro pianeta del sistema solare. Non è grande nemmeno quanto le quattro lune galileiane di Giove o quanto Titano, luna di Saturno, o Tritone, luna di Nettuno (per una descrizione di queste lune, vedi [Capitolo 8](#)). In effetti, Plutone è grosso poco meno del doppio di Caronte (largo 1.207 chilometri). Prima che venisse riclassificato come pianeta nano, alcuni astronomi chiamavano Plutone e Caronte "pianeta doppio".

Allacciate la cintura fino alla Fascia di Kuiper

Gli scienziati hanno stimato che, in una regione larga più di 100 chilometri di diametro e posta fra Nettuno e una distanza di 50 AU dal Sole, orbitino circa 70.000 oggetti ghiacciati, detti *oggetti della Fascia di Kuiper* o KBO (Kuiper Belt Objects); la regione prende il nome dall'astronomo Gerard P. Kuiper, uno dei primi scienziati che ne ha previsto l'esistenza. Quasi tutti i KBO sono al di fuori della portata di un telescopio da cortile, a meno che nel vostro non ci sia l'Osservatorio Palomar o simili. Alcuni amatori, però, con telescopi molto grossi riescono a vedere Plutone, ormai riconosciuto come il primo dei KBO, oltre che come pianeta nano. Gli astronomi David Jewitt e Jane Luu scoprirono il primo KBO diverso da Plutone nel 1992, e da allora ne sono stati scoperti più di mille.

Fra i molti KBO scoperti dagli astronomi a partire dal 1992, alcuni rivaleggiano con Plutone per dimensioni e, almeno uno, Eris, potrebbe essere leggermente più grande. Anche Eris è un pianeta nano, e ha almeno una luna, Dysnomia.

Molti KBO hanno in comune con Plutone tre caratteristiche:

- ✓ hanno orbite estremamente ellittiche;
- ✓ hanno piani orbitali inclinati in modo significativo rispetto a quello della Terra;
- ✓ compiono due giri completi intorno al Sole in un tempo complessivo approssimativamente pari al tempo impiegato da Nettuno a percorrere tre volte la propria orbita (496 anni per un'orbita doppia di Plutone e 491 per una tripla di Nettuno). Questo fenomeno, detto *risonanza*, impedisce a Plutone e Nettuno di scontrarsi o avvicinarsi troppo, anche se le loro orbite s'intersecano.

Plutone è al riparo dai disturbi della potente gravità di Nettuno, che è molto più grande, così come gli altri KBO che condividono le tre caratteristiche sopra elencate e che sono chiamati *Plutini*, che sta proprio per "piccoli Plutoni".

Oltre l'orbita di Nettuno e Plutone orbitano certamente anche altri oggetti diversi dai KBO, ma non possono essere molto massivi, altrimenti il loro effetto gravitazionale sugli oggetti circostanti noti li smaschererebbe. Uno di questi corpi celesti trans-nettuniani, chiamato Sedna, fu scoperto nel marzo del 2004: si trova a una distanza di 90 AU dal Sole, ben oltre la distanza dei 50 AU che sembra il limite della Fascia di Kuiper. Non si conoscono le dimensioni precise di Sedna, ma probabilmente è molto più piccolo di Plutone. Alcuni astronomi ritengono che Sedna faccia parte della Nube di Oort, una grossa collezione di comete lontane che ho descritto nel [Capitolo 4](#).

Gli unici pianeti di grosse dimensioni che si trovano oltre Nettuno sono pianeti di altre stelle (vedi [Capitolo 14](#)).

Per saperne di più sui KBO visitate il sito dell'Università della California dedicato alla Fascia di Kuiper, a cura del Professor David Lewitt (www.ess.ucla.edu/~jewitt/kb.html).

Uno sguardo ai pianeti esterni

Con la pratica, sarete in grado di localizzare i pianeti esterni Urano e Nettuno, ma il piccolo Plutone potrebbe restare al di fuori della vostra portata. La prima volta che volete cercare uno di questi oggetti lontani fatevi aiutare da un astronomo dilettante esperto, a meno che non abbiate un telescopio con puntamento computerizzato (trovate i consigli su un paio di telescopi di questo tipo nel [Capitolo 3](#)). Ma anche così, un piccolo aiuto di un amico più esperto non guasta.



L'Observer's Handbook annuale della Royal Astronomical Society of Canada (www.rasc.ca) include mappe con la posizione dei pianeti nel corso dell'anno, ma anche le riviste di astronomia (vedi [Capitolo 2](#)) contengono simili mappe.

Osservare Urano

Urano fu scoperto con un telescopio, ma talvolta brilla abbastanza da essere a visibile a occhio nudo, anche se a malapena e solo in condizioni visive eccellenti. Quando sarete osservatori esperti, probabilmente sarete in grado di individuarlo anche con un binocolo. Al telescopio, invece, potete distinguere Urano da una stella:

- ✓ grazie al suo piccolo disco, del diametro di pochi secondi di arco (la cui definizione si trova nel [Capitolo 6](#));
- ✓ grazie al suo lento movimento su uno sfondo di stelle pallide.



Il disco di Urano è di colore verde pallido e, quando le condizioni visive sono ottimali, potete individuarlo tramite un oculare molto potente (per maggiori dettagli su telescopi e oculari vedi [Capitolo 3](#)). Potete determinare il moto di Urano facendo uno schizzo della sua posizione relativa fra le stelle del campo visivo. A questo proposito, servitevi di un oculare poco potente, in modo che il campo visivo sia più ampio e sia visibile un maggior numero di stelle. Guardate nuovamente Urano dopo alcune ore oppure la notte seguente e fate un altro schizzo.

A marzo 2012 Urano aveva 27 lune conosciute. Sebbene con un grosso telescopio amatoriale sia possibile individuare alcune delle lune più grosse, per il loro studio ci vogliono i grossi telescopi da osservatorio. Gli anelli scuri di Urano sono visibili attraverso il telescopio spaziale Hubble e nelle immagini scattate da telescopi terrestri molto grossi, ma non sono visibili con i telescopi amatoriali.



Potete vedere le immagini di Urano e dei suoi anelli scattate dall'Hubble Space Telescope sul sito www.hubblesite.org/newscenter/archive/search.php?query=uranus+view:images, mentre quelle del pianeta, delle

sue lune e dei suoi anelli scattate dalla sonda Voyager 2 si trovano sul sito del Planetary Photojournal (<http://photojournal.jpl.nasa.gov>). Cliccate semplicemente sull'immagine di Urano (Voyager 2 è l'unico veicolo spaziale ad aver visitato il pianeta).

Come distinguere Nettuno da una stella

Nettuno appare in cielo più pallido di Urano, ma arriva a una luminosità di magnitudine 8 (per maggiori informazioni sulle magnitudini, vedi [Capitolo 1](#)). Se già Urano può mettere alla prova le vostre abilità di osservatori, per riuscire a vedere Nettuno quando non è al massimo della sua luminosità dovete fare un ulteriore salto di qualità.



Nella realtà, le dimensioni di Nettuno sono quasi uguali a quelle di Urano, ma poiché orbita molto più lontano, al telescopio il suo disco appare più piccolo. Per distinguerlo da una stella potreste aver bisogno di un grosso telescopio amatoriale. E se siete diventati così bravi al telescopio da distinguere le tonalità pallide negli oggetti fiochi che scrogete, allora sarete anche in grado di vedere che Nettuno ha una colorazione azzurra.

Siccome Nettuno orbita più lontano dal Sole rispetto a Urano, si muove più lentamente. La velocità minore combinata a una maggiore distanza dalla Terra fanno sì che la velocità angolare attraverso il cielo, misurata in arco secondi al giorno (vedi [Capitolo 6](#)), sia *solitamente* minore per Nettuno che per Urano. Per cui potreste dover aspettare una o due notti per essere sicuri di vedere Nettuno muoversi sul fondo stellato.

Ho usato il termine “solitamente” perché tanto Urano quanto Nettuno, come tutti i pianeti oltre l’orbita della Terra, talvolta mostrano un moto retrogrado (vedi [Capitolo 6](#)), per cui di tanto in tanto sembrano rallentare e invertire il senso di marcia. Se vi capita di cogliere Urano nel momento in cui cambia

direzione in cielo, il suo moto apparente è molto più lento del solito; in quello stesso periodo Urano andrà a tutta velocità, al confronto.



A marzo 2012 Nettuno aveva 13 lune conosciute. La più grossa è Tritone (per maggiori informazioni su Tritone, vedi “Controcorrente: Nettuno e la sua luna più grande” in questo stesso capitolo). Dopo aver imparato a localizzare Nettuno, cercate Tritone con un telescopio da 150 mm di diametro o più, in una notte limpida e buia. Ha un’orbita ampia che varia circa da 8 a 17 arco secondi da Nettuno (cioè circa da quattro a otto diametri di Nettuno), per cui potreste scambiare Tritone per una stella. Tuttavia, disegnando Nettuno e le pallide “stelle” circostanti per alcune notti di seguito, potrete dedurre quale delle “stelle” si muove con Nettuno attraverso lo sfondo stellato mentre si muove anche intorno a Nettuno. Tritone impiega circa sei giorni per compiere un’orbita intorno al pianeta.



Potete sfogliare le immagini di Nettuno e delle sue lune scattate dalla sonda Voyager 2 all’indirizzo <http://photojournal.jpl.nasa.gov>, sul sito web del Planetary Photojournal, cliccando sul link di Nettuno. Le immagini dell’Hubble Space Telescope si trovano invece sul sito www.hubblesite.org/newscenter/archive/search.php?query=neptune+view:images.

Uno sforzo per vedere Plutone

Vedere Plutone pone una sfida molto più difficile di qualsiasi altro pianeta del sistema solare. Normalmente, la magnitudine di Plutone vale 14 (per maggiori dettagli sulle magnitudini, vedi [Capitolo 1](#)). Al momento si sta

allontanando dal Sole e dalla Terra e continuerà a farlo per molti anni a venire, percorrendo un'orbita di 248 anni.



Alcuni dilettanti molto abili sostengono di essere riusciti a vedere Plutone con telescopi da 150 mm, ciononostante, vi consiglio di usare telescopi da almeno 200 mm.

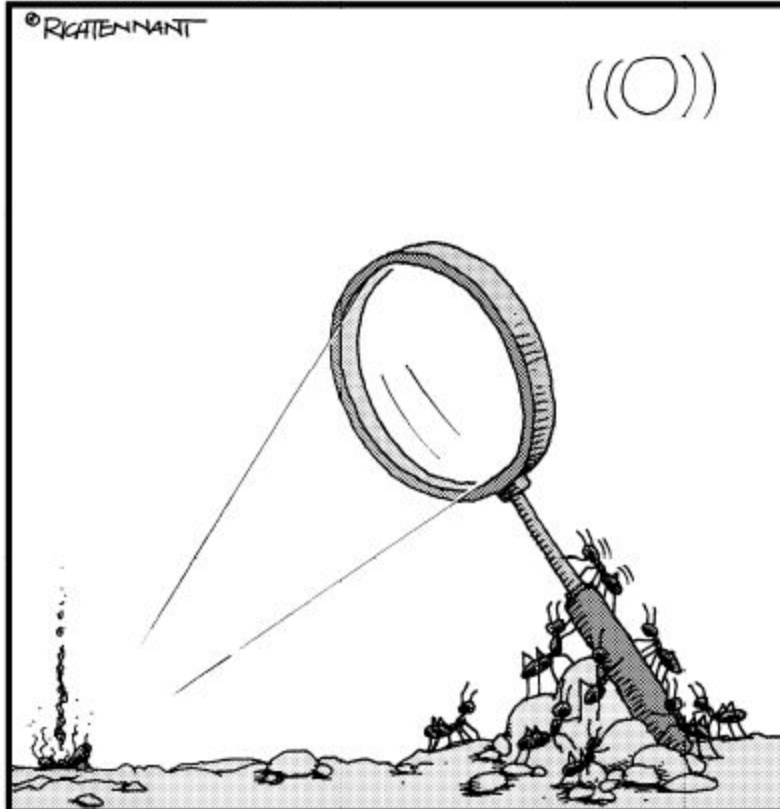
La luna più grande di Plutone, Caronte, orbita molto vicina al pianeta e completa il suo giro in soli 6 giorni, 9 ore e 18 minuti. È possibile individuarla solo attraverso grossi telescopi da osservatorio.

Parte III

Incontrare il vecchio Sole e altre stelle

The 5th Wave

By Rich Tennant



"VA BENE, SEMBRA CHE NON SIA QUESTO IL MODO
MIGLIORE PER GUARDARE IL SOLE."

In questa parte...

La [Parte III](#) è dedicata alle stelle. Non certo quelle di Hollywood: parlo del Sole e delle altre stelle nella Via Lattea e oltre. Scoprirete vari tipi di stelle e il loro ciclo di vita. Alfa Centauri continuerà a splendere anche quando Meryl Streep, Tom Hanks e George Clooney saranno dimenticati da un pezzo. Nei momenti difficili, ricordate che le stelle vere saranno a vostra disposizione per sempre.

Troverete anche una parte dedicata ai buchi neri e ai quasar. Ho semplificato un po' l'argomento in modo che per capire i concetti non vi venga il mal di testa, anche se la distorsione dello spaziotempo potrebbe forse attorcigliarvi un po' i pensieri.

Capitolo 10

Il Sole: la stella della Terra

In questo capitolo

- ▶ Comprendere l'aspetto del Sole
 - ▶ Aggiornamenti sull'attività solare
 - ▶ Osservare il Sole in sicurezza
 - ▶ Navigare in Rete alla ricerca di immagini del Sole
-

Anche se l'astronomia affascina soprattutto per la bellezza del cielo stellato e delle notti di Luna, per rendersi conto dell'effetto che può fare un corpo celeste basta una bella giornata di sole. Il Sole è la stella più vicina alla Terra e fornisce l'energia necessaria perché esista la vita. È così presente nella nostra vita quotidiana che lo diamo per scontato, ci preoccupiamo di non scottarci, ma lo vediamo di rado come la nostra principale fonte di informazione sull'universo. Invece, è uno degli oggetti astronomici più interessanti da studiare e più generoso nel regalarci soddisfazioni, sia con telescopi da cortile sia con osservatori professionali e strumentazioni nello spazio. Il Sole cambia ogni giorno, ogni ora e ogni momento. E potete mostrarlo ai bambini senza farli stare alzati oltre il loro orario.



Ma che non vi venga in mente nemmeno per un secondo di osservarlo o, peggio ancora di mostrarlo ai bambini, senza prendere le opportune precauzioni che illustrerò più avanti.

Altrimenti rischiate di pagare con la vista la sua bellezza. Durante le osservazioni, la sicurezza deve essere la vostra principale preoccupazione. Dopo che avrete imparato a proteggerla con le procedure e i mezzi più adatti, potrete seguire il Sole non solo ogni giorno, ma anche nel ciclo delle macchie solari che dura undici anni e che descriverò successivamente.

Questo capitolo è dedicato alla scienza del Sole, ai suoi effetti sulla Terra e sull'industria, e alle osservazioni solari in sicurezza. Tenetevi pronti a guardare il Sole in un modo nuovo, senza rischi e con tanta ammirazione.

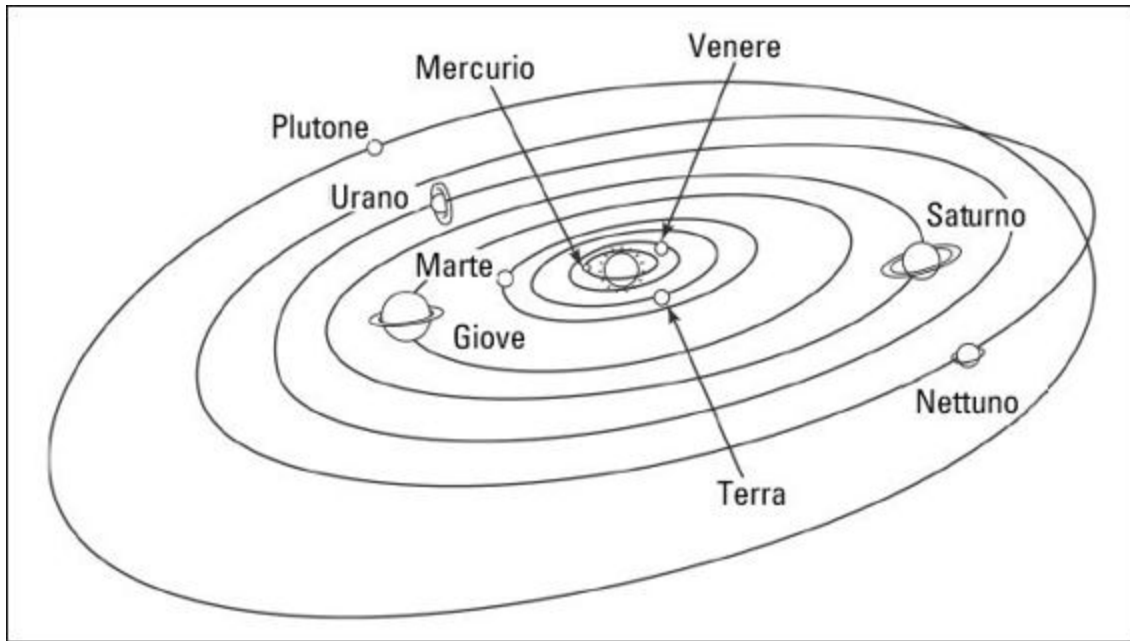
Osservare il paesaggio solare

Il Sole è una *stella*, una calda palla di gas che splende grazie all'energia liberata dalla propria fusione nucleare, il processo tramite il quale i nuclei di elementi semplici si combinano fra loro in elementi più complessi.

L'energia prodotta dalla fusione nucleare alimenta non soltanto il Sole, ma anche la maggior parte dell'attività che si svolge nel sistema di pianeti e di detriti planetari che lo circondano: il sistema solare di cui la Terra fa parte (vedi [Figura 10.1](#), non in scala).

Il Sole produce energia a un ritmo enorme, che equivale all'esplosione di 92 miliardi di bombe nucleari da un megatone al secondo. Quest'energia proviene dal consumo di carburante: se il Sole fosse composto da carbone, brucerebbe tutto fino all'ultimo pezzo in soli 4.600 anni. Ma tracce fossili sulla Terra evidenziano che il Sole sta bruciando da più di tre miliardi di anni e gli astronomi sono certi che stia splendendo da molto più tempo: l'età stimata è di 4,6 miliardi di anni, e tutt'oggi continua a bruciare a pieno ritmo.

Figura 10.1 Plutone e i pianeti in orbita attorno al Sole formano il nostro sistema solare.



Solo la fusione nucleare è in grado di produrre questo enorme rilascio di energia, la sua *luminosità*, e di alimentarla per miliardi di anni. Vicino al centro del Sole, l'enorme pressione e la temperatura centrale di circa 16 milioni di gradi Celsius portano gli atomi d'idrogeno a fondersi trasformandosi in elio, un processo che rilascia il grande fiume di energia che emana.

Ogni secondo, vicino al centro della nostra stella, circa 700 milioni di tonnellate di idrogeno si trasformano in elio, e 5 milioni di tonnellate svaniscono trasformandosi in energia pura.

Se sulla Terra fossimo in grado di sviluppare energia tramite la fusione, tutti i problemi legati ai carburanti fossili, inclusi l'inquinamento e le risorse non rinnovabili, sarebbero risolti. Ma nonostante decenni di ricerca, gli scienziati non riescono a fare quello che il Sole compie in modo naturale. Anche per questo merita ulteriori studi.

Le dimensioni e la forma del Sole: un grosso sacchetto di gas

Quando insegnavo astronomia, ponevo sempre la questione: "Perché il Sole ha queste dimensioni?" Allora vedevo centinaia di bocche spalancarsi e

dozzine di paia d'occhi vagare per l'aula. Quasi nessuno ne aveva la più pallida idea. La domanda sembrava quasi priva di fondamento. Ogni cosa ha le sue dimensioni, no? Dunque qual è il problema?

Ma se il Sole non è altro che gas (ed è proprio così), che cosa lo tiene assieme? Perché non si dissolve, come un anello di fumo? La risposta è che la gravità gli impedisce di dissolversi nel vento. La gravità (vedi [Capitolo 1](#)) è la forza che influenza ogni cosa nell'universo. Il Sole è così massivo, 330.000 volte la massa terrestre, che tutto quel gas rovente è tenuto insieme dalla sua potente gravità.

Qualcuno si potrà chiedere: “Ma se la gravità del Sole tiene insieme tutto il gas, come mai non si schiaccia in una sfera molto più piccola?” La risposta è l'alta pressione. La pressione aumenta se il gas è più caldo e/o se è maggiore della forza di gravità (o di qualsiasi altra forza) che lo comprime. A sua volta, la pressione del gas fa gonfiare il Sole come la pressione dell'aria gonfia gli pneumatici di un'automobile.

La gravità tira verso l'interno; la pressione spinge verso l'esterno. A un certo diametro, i due effetti opposti sono uguali e in equilibrio, e mantengono le dimensioni uniformi. Questo diametro è di 1.392.000 chilometri, ossia circa 109 volte il diametro della Terra. Potreste far stare 1.300.000 Terre dentro al Sole, anche se non so a cosa servirebbe.

Il Sole è sferico più o meno per lo stesso motivo: la gravità tira verso il centro in modo uniforme in tutte le direzioni, e la pressione spinge verso l'esterno in tutte le direzioni, sempre uniformemente. Se ruotasse rapidamente, si gonfierebbe leggermente all'equatore schiacciandosi un po' ai poli a causa del fenomeno che la gente spesso chiama *forza centrifuga*. Ma il Sole ruota molto lentamente, solo una volta ogni 25 giorni all'equatore (e più lentamente ai poli), perciò un qualunque rigonfiamento sulla vita non si nota.

Le regioni solari: prese in mezzo al nucleo e alla corona

La *fotosfera* (letteralmente “sfera di luce”) è la superficie visibile del Sole (vedi [Figura 10.2](#)). Quando guardate il disco solare luminoso nel cielo (fate

attenzione a non fissarlo), vedete la fotosfera. Quando in una fotografia (o al telescopio, come spiegherò più avanti in questo capitolo) vedete le macchie solari, state guardando una foto (o un'immagine dal vivo) della fotosfera. E anche quando affermo che il diametro del Sole è 1.392.000 chilometri, mi riferisco alle dimensioni della sua fotosfera. La temperatura della fotosfera è di 5.500 °C.



Al di sopra della fotosfera si trovano altri due strati esterni del Sole:

- ✓ **cromosfera (“sfera dei colori”)**: è uno strato sottile che si può vedere durante un’eclissi totale di Sole, quando diventa visibile come una flebile striscia rossa che circonda il bordo scuro della Luna (descriverò le eclissi solari più avanti, nel paragrafo “Vivere l’emozione di un’eclissi solare”). La cromosfera misura in spessore solo 1.600 chilometri circa, ma la sua temperatura raggiunge i 10.000 °C.

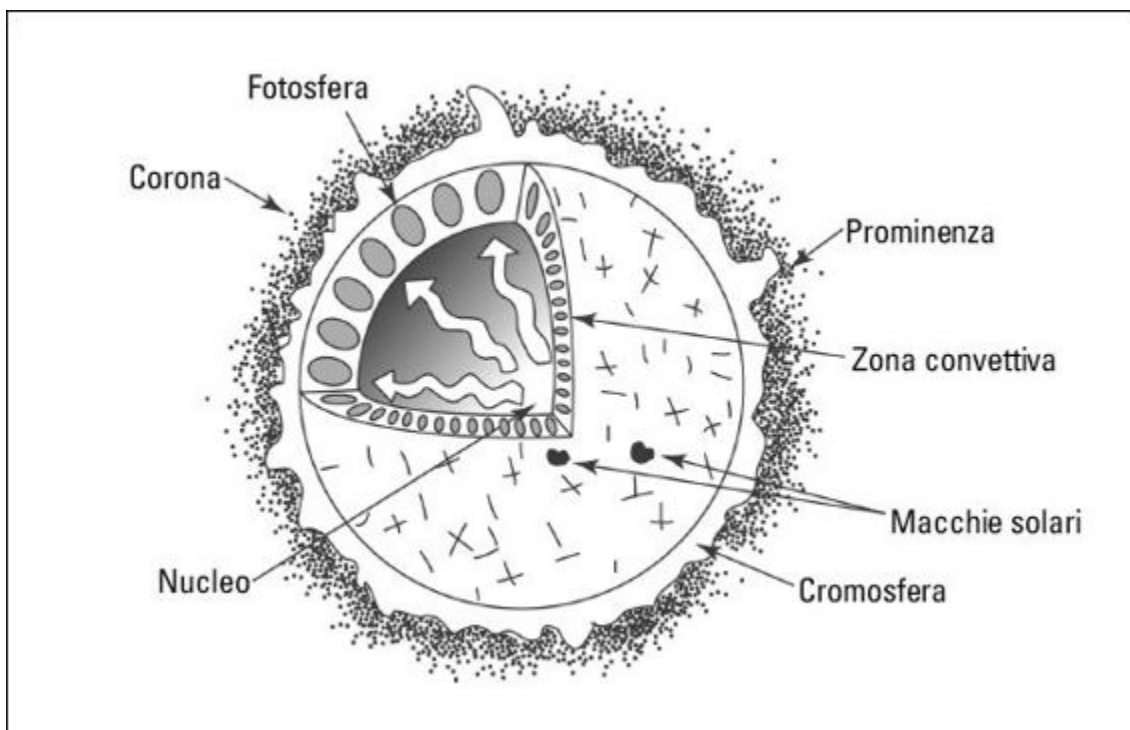
Potete vedere la cromosfera che si trova sul bordo del Sole utilizzando un costoso filtro H-alfa (menzionato più avanti nel riquadro “Osservazione solare: lo stile spendaccione”) oppure guardando le immagini scattate da telescopi professionali e visibili sul sito della NASA (vedi: “Le immagini del Sole in Rete”) e su vari siti di osservatori professionisti. Potete dare un’occhiata alla cromosfera anche durante un’eclissi solare, come vedremo più avanti in questo capitolo. Durante l’eclissi non vi servirà nessuno strumento specifico per osservare la cromosfera, solo la vostra vista normale.

Il passaggio dalla cromosfera alla corona, centinaia di volte più calda, avviene in uno strato molto sottile detto *regione di transizione*, che non è visibile nelle immagini del Sole;

- ✓ **corona**: è lo strato più ampio e meno denso del Sole. È visibile come una regione bianco-perlacea che si estende dal disco oscurato del Sole durante un’eclissi totale. Cambia forma di giorno in giorno (come rilevato dalle foto scattate dai satelliti di osservazione solare) e da un’eclissi totale all’altra (come rilevato dalle osservazioni di chi la

guarda dalla Terra). Non ha un diametro specifico, ma si assottiglia gradualmente allontanandosi dalla fotosfera, e le dimensioni della corona dipendono dallo strumento di misurazione: più è sensibile, maggiore è la porzione di corona misurata. La corona è molto sottile e calda: ha una temperatura di 1 milione di gradi Celsius, e in alcuni punti anche di più. È così rarefatta ed elettrificata che il campo magnetico del Sole determina la sua forma. Dove le linee del campo magnetico si allungano e si aprono verso lo spazio, il gas coronale è sottile e a malapena visibile. Può fuggire facilmente sotto forma di vento solare (vedi: “Il vento solare: giocando con i magneti”). I punti in cui le linee di forza magnetica si alzano nella corona per poi tornare verso la superficie, tengono prigioniero il gas coronale. In questi punti la regione coronale è più spessa e luminosa. Alcune strutture ad anello che si estendono dalla fotosfera verso la corona contengono gas meno caldo di quello che le circonda. Questi anelli sono detti *prominenze* e sono visibili sul bordo del Sole durante un’eclissi totale.

Figura 10.2 Il Sole è una fornace sempre freneticamente attiva che alimenta il proprio pezzo di universo.



Tutto quanto si trova sotto la fotosfera rientra *nell'Interno solare*, che contiene tre principali aree:

- ✓ **nucleo:** questa regione si estende dal centro del Sole per circa il 25% del percorso fino alla fotosfera (circa 173.000 chilometri). L'energia solare è generata nel nucleo, dalla fusione nucleare ad alte temperature e densità. Siccome la temperatura e la densità sono maggiori nel centro e diminuiscono gradatamente man mano che ci si allontana verso l'esterno, la maggior parte dell'energia solare proviene dal nucleo, e in misura minore dalle altre parti più esterne. Quest'energia è generata sotto forma di raggi gamma (una forma di luce) e anche sotto forma di neutrini, strane particelle subatomiche che descriverò più avanti in questo capitolo, nel paragrafo: "CSI solare: il mistero dei neutrini solari mancanti". I raggi gamma rimbalzano da un atomo all'altro, avanti e indietro, ma mediamente si muovono verso l'alto e verso l'esterno. I neutrini attraversano sfrecciando l'intero Sole e volano fuori nello spazio remoto. La temperatura decresce allontanandosi dal centro;
- ✓ **zona radiativa:** si estende dal limite del nucleo fino a circa il 71% del cammino che va dal centro verso la fotosfera (fino cioè a 491.000 chilometri dal centro). Questo strato prende il nome dal fatto che molta energia diretta verso l'esterno attraversa questa zona sotto forma di radiazioni elettromagnetiche (un termine fisico per indicare la luce);
- ✓ **zona convettiva:** comincia alla fine della zona radiativa, a 491.000 chilometri dal centro del Sole, e arriva fino alla fotosfera. Correnti turbolente di gas caldo trasportano l'energia; le correnti calde si sollevano dall'interno raffreddandosi nella parte esterna e cadendo di nuovo verso l'interno, dove si riscaldano nuovamente per poi risalire (è lo stesso processo che in un bollitore pieno d'acqua porta il calore dal fondo verso la superficie).

L'attività solare: che succede là fuori?

L'espressione *attività solare* indica tutti i tipi di disturbi che hanno luogo sul Sole di momento in momento e di giorno in giorno. Sembra che tutte le forme di attività solare, inclusi il ciclo di undici anni delle macchie solari e

alcuni cicli ancora più lunghi, abbiano a che vedere con il magnetismo. Nelle profondità del Sole, una dinamo naturale produce continuamente nuovi campi magnetici, che risalgono verso la superficie e verso gli strati più alti dell'atmosfera solare. Si torcono provocando macchie solari, eruzioni e altri fenomeni di cambiamento.

Gli astronomi misurano i campi magnetici del Sole basandosi sugli effetti che hanno sulle radiazioni solari, utilizzando strumenti detti *magnetografi*. È possibile vedere le immagini ottenute con questi strumenti sui siti di alcuni osservatori solari professionisti (vedi: "Le immagini del Sole in Rete"). Queste osservazioni mostrano che le macchie solari sono le aree in cui si concentrano i campi magnetici e che i gruppi di macchie solari hanno poli magnetici nord e sud. All'esterno delle macchie solari, il campo magnetico del Sole è complessivamente debole.

Molte caratteristiche del Sole che mostrano cambiamenti repentini, comprese le esplosioni e le eruzioni, sembrano avere una relazione con il magnetismo. Dove ci sono campi magnetici che cambiano si generano correnti elettriche, come in un generatore, e quando due campi magnetici si scontrano, un corto circuito, detto *riconnesione magnetica*, può improvvisamente generare enormi quantità di energia. Descriverò molti tipi di attività solare nelle prossime pagine.

Emissione di massa coronale: la madre delle eruzioni solari

Per decenni gli astronomi hanno creduto che le principali esplosioni sul Sole fossero le eruzioni solari. Pensavano che avessero luogo nella cromosfera e che scatenassero il resto.

Oggi gli astronomi hanno capito che si trovavano nelle condizioni di un cieco che tocca la coda di un elefante ed è convinto di sapere tutto sull'animale, mentre in realtà ne sta toccando una delle parti meno importanti. Le osservazioni dallo spazio rivelano che la prima sorgente delle deflagrazioni solari non consiste nelle eruzioni, ma nelle emissioni di massa coronale, enormi eruzioni che avvengono negli strati alti della corona. Spesso, un'espulsione di massa coronale innesca un'eruzione solare più in basso nella corona e nella cromosfera. In molte delle immagini visibili sui

siti degli osservatori astronomici è possibile vedere le eruzioni solari. Dato che il numero di macchie solari aumenta durante un ciclo di 11 anni (vedi il prossimo punto), aumenta così anche il numero di eruzioni solari.

L'esistenza delle emissioni coronali è rimasta ignota a lungo per via della loro invisibilità: gli astronomi avevano una buona visuale della corona solo a rari intervalli, durante la breve durata di un'eclissi totale di Sole (vedi: "Vivere l'emozione di un'eclissi solare" più avanti in questo capitolo). Invece, le eruzioni solari sono visibili in qualunque momento, per cui gli scienziati le hanno studiate intensamente sopravvalutandone l'importanza.

Si possono osservare le prominente (descritte poco fa) sul bordo del Sole anche quando non è in corso un'eclissi totale, ma serve un costoso filtro H-alfa (descriverò questi filtri nel riquadro: "Osservazione solare: lo stile spendaccione"). Effettuando un numero sufficiente di osservazioni si nota che le prominente talvolta eruttano. Queste prominente eruttive possono anche essere fasi delle espulsioni di massa coronale.

Quando le immagini satellitari mostrano che un'espulsione di massa coronale non si espande, per esempio verso est o verso ovest rispetto al Sole, ma forma un grosso anello, detto anche *halo event*, che si diffonde tutt'attorno al Sole, non è una buona notizia. L'alone significa che l'espulsione di massa coronale, circa un miliardo di tonnellate di gas caldo, elettrizzato e magnetizzato, si dirige verso la Terra alla velocità di circa 1,5 milioni di chilometri all'ora. Quando colpisce la magnetosfera terrestre (di cui parlo nel [Capitolo 5](#)) ne possono talvolta risultare effetti drammatici, come descriverò più avanti in questo capitolo, nel paragrafo "Il vento solare: giocando con i magneti".



Se vedete un halo event in una delle immagini satellitari, date un'occhiata allo Space Weather Prediction Center sul sito web del National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA, www.swpc.noaa.gov): potrebbe essere in procinto di trasmettere previsioni del tempo spaziali piuttosto burrascose.

Cicli all'interno di cicli: il Sole e le sue macchie

Le *macchie solari* sono aree della fotosfera in cui il campo magnetico è forte; appaiono, spesso in gruppi, come macchie scure sul disco solare (vedi [Figura 10.3](#)) e sono più fredde dell'atmosfera che le circonda.

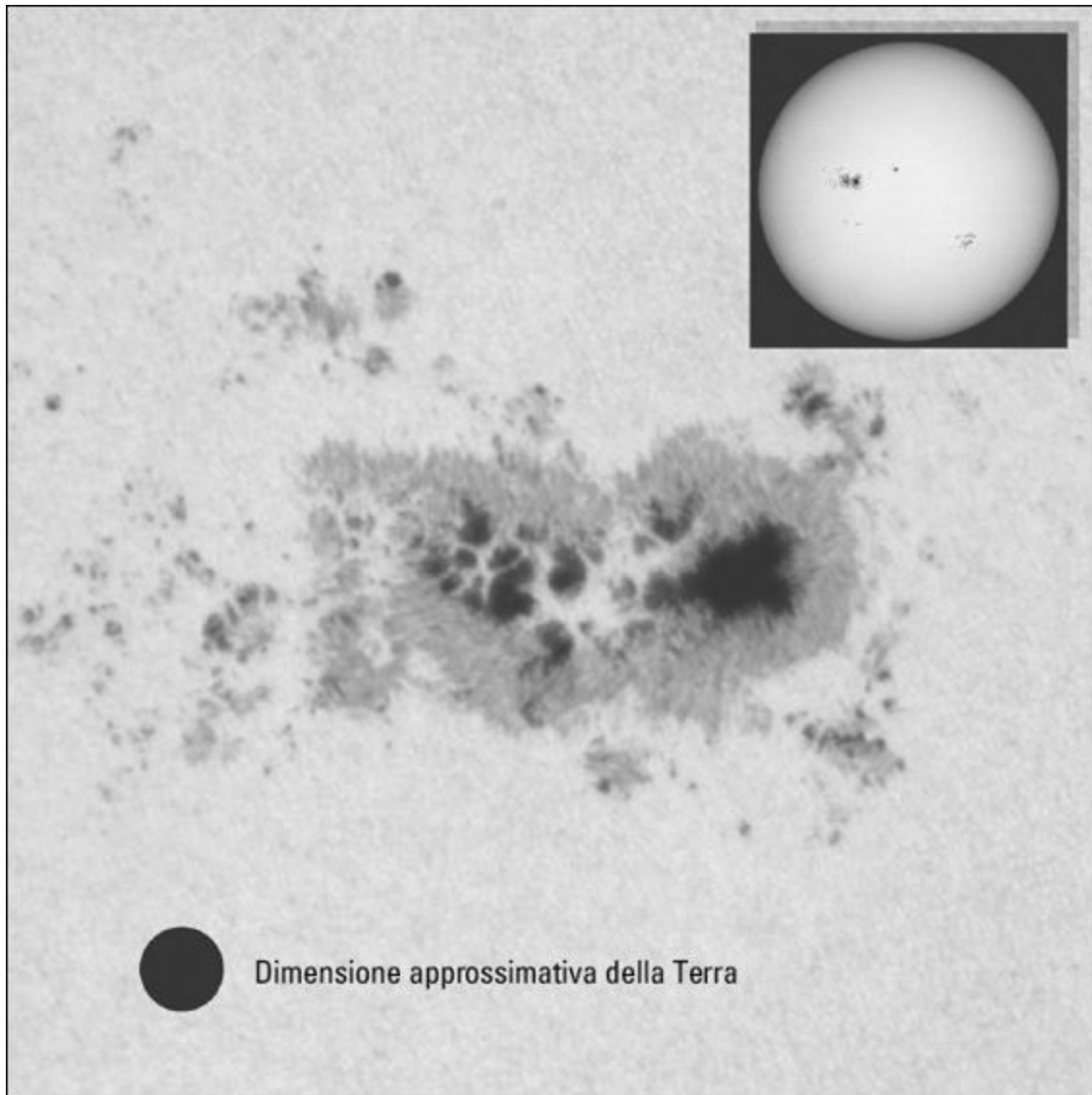
Il numero di macchie solari presenti sul Sole varia drasticamente nel corso di ogni ciclo che dura circa 11 anni, il famoso *ciclo delle macchie solari*. In passato la gente dava a queste macchie la colpa di qualunque evento, dal maltempo alla crisi del mercato azionario. Normalmente, tra un picco (il momento in cui è presente il maggior numero di macchie) e l'altro passano 11 anni, ma questo periodo può variare. Inoltre, il numero di macchie solari può cambiare notevolmente da un ciclo all'altro. Gli esperti fanno continue previsioni sul numero di macchie del ciclo successivo, ma non sono molto affidabili.

Mentre il gruppo di macchie si muove attraverso il disco solare a causa della rotazione del Sole, la macchia più grossa sul fronte di moto – la parte più grossa del gruppo che sembra far strada attraverso il disco – si chiama *macchia principale* o *precedente*. La macchia più grossa sul lato opposto del gruppo è detta *macchia seguente*.

Le osservazioni al magnetografo mostrano schemi definiti nella maggior parte dei gruppi di macchie solari. Durante un ciclo di 11 anni, tutte le macchie precedenti dell'emisfero solare nord hanno polarità magnetica nord, e le macchie seguenti hanno polarità sud. Contemporaneamente, nell'emisfero solare sud le macchie precedenti hanno polarità sud e le macchie seguenti hanno polarità nord.

Questo è il modo in cui si definiscono queste polarità: l'ago di una bussola sulla Terra è detto ago che punta a nord. Una polarità nord sul Sole sarebbe quella verso cui punterebbe l'ago calamitato, se ci fosse una bussola sul Sole in grado di non sciogliersi. Allo stesso modo, una polarità sud sarebbe quella contraria a quella verso cui punta l'ago.

Figura 10.3 Un gruppo di macchie solari dieci volte più grande della Terra è stato fotografato il 23 settembre 2000.



Per concessione della NASA.

Proprio quando pensate di aver capito, comincia un altro ciclo di 11 anni e le polarità si invertono. Nell'Emisfero Nord, le macchie precedenti avranno polarità sud e le macchie seguenti polarità nord. La polarità sarà invertita anche nell'Emisfero Sud. Il che fa perdere la tramontana persino a una bussola!

Per dare un ordine a tutte queste informazioni, gli astronomi hanno misurato il *ciclo magnetico del Sole*. Questo ciclo dura circa 22 anni e contiene due cicli di macchie solari. Ogni 22 anni, più o meno, l'intero schema di inversione della polarità si ripete.

La “costante” solare: è tempo di affrontare i cambiamenti

La quantità complessiva di energia prodotta dal Sole è detta *luminosità solare*. Di maggiore interesse per gli astronomi è la quantità di energia solare che riceve la Terra, o *costante solare*, definita come la quantità di energia al secondo che cade su un centimetro quadrato dell'area rivolta verso il Sole alla distanza media della Terra. La costante solare vale 1.368 watt per metro quadro.

Misurazioni effettuate dai satelliti solari e meteorologici che la NASA mandò in orbita nel 1980 rivelarono cambiamenti minimi della costante solare durante la rotazione del Sole. Si potrebbe pensare che la Terra riceva minor energia quando sul Sole sono presenti macchie solari, ma non è così, infatti è vero il contrario: più le macchie sono numerose, più la Terra riceve energia. Aggiungete questo mistero alla lista di quelli che devono essere ancora risolti dagli astronomi.



Secondo le teorie astrofisiche, quand'era molto giovane, il Sole era in qualche modo più brillante di quanto lo non sia stato negli ultimi miliardi di anni. Le teorie prevedono anche che fra molte ere, quando il Sole diventerà una stella gigante rossa (vedi [Capitolo 11](#)) riverserà sulla Terra molta più energia.

Per cui “costante solare” suona come un'espressione di augurio, sebbene su scala giornaliera i cambiamenti di quantità di energia solare siano estremamente piccoli.

Il vento solare: giocando con i magneti

Dalla corona solare fluisce costantemente un tipo di plasma chiamato *vento solare*. Si muove attraverso il sistema solare alla velocità di 470 chilometri al secondo mentre oltrepassa l'orbita terrestre.

Il vento solare arriva a ondate, scatti e sbuffi, disturbando e rifornendo costantemente la magnetosfera della Terra, che si comprime e poi si espande nuovamente. Questi disturbi della magnetosfera, soprattutto quelli provenienti da tempeste solari come le espulsioni di massa coronale, possono originare fenomeni luminosi nell'Emisfero Nord (aurore boreali) e nell'Emisfero Sud (aurore australi), ma anche vere e proprie tempeste geomagnetiche (per maggiori dettagli sulla magnetosfera e le aurore polari, vedi [Capitolo 5](#)). Le tempeste geomagnetiche riescono addirittura a spegnere le reti di controllo delle società elettriche (causando black-out), a far esplodere i circuiti elettronici dei condotti di petrolio e gas, a interferire con le comunicazioni radio e con il segnale GPS, e a danneggiare satelliti costosi. Alcune persone sostengono addirittura di riuscire a *udire* le aurore polari. Le espulsioni di massa coronale sono solitamente invisibili con gli strumenti amatoriali, ma sono rilevate meravigliosamente dai telescopi satellitari. Spruzzano ammassi gassosi elettrizzati da miliardi di tonnellate, il *plasma solare*, che talvolta si scontra con la magnetosfera terrestre (la magnetosfera è un'ampia regione attorno alla Terra in cui elettroni, protoni e altre particelle cariche rimbalzano avanti e indietro dalle alte latitudini nord alle alte latitudini sud, intrappolate nel campo magnetico terrestre. La magnetosfera funziona come un ombrello protettivo contro le espulsioni di massa coronale e il vento solare).



I disturbi solari e i loro effetti sulla magnetosfera sono chiamati *space weather*. Sul sito del NOAA Space Weather Prediction Center (www.swpc.noaa.gov) potete vedere l'ultimo bollettino ufficiale del governo USA e le previsioni.

CSI solare: il mistero dei neutrini mancanti

La fusione nucleare nel cuore del Sole non si limita a trasformare l'idrogeno in elio e a rilasciare energia sotto forma di raggi gamma in grado di riscaldare l'intera stella. Rilascia anche quantità enormi di *neutrini*, particelle subatomiche elettricamente neutre quasi prive di massa, che viaggiano a velocità vicine a quella della luce e sono in grado di passare

attraverso praticamente qualunque cosa. Gli astronomi possono verificare i calcoli relativi alla temperatura e alla densità del nucleo solare osservando i neutrini che provengono dalla stella.

Un neutrino è come un coltello caldo nel burro: passa facilmente attraverso la materia e può volare fuori dal centro del nucleo solare dritto nello spazio. Quelli diretti verso la Terra la attraversano e volano fuori dall'altra parte. Ma un neutrino si distingue da un coltello caldo nel burro perché il coltello scioglie il burro con cui viene in contatto. Il neutrino, invece, passa attraverso la materia senza conseguenze in quasi tutti i casi (ma non proprio in tutti).

Sono stati eseguiti esperimenti di fisica in grado di rivelare le rare eccezioni in cui i neutrini interagiscono effettivamente con la materia, per cui una minima parte dei neutrini solari che passa attraverso grossi laboratori sotterranei, noti come *osservatori di neutrini*, viene contata. Questi osservatori si trovano prevalentemente in profonde miniere e tunnel sotto le montagne. Pochi altri tipi di particelle sono in volo a tali profondità, per cui per gli scienziati è più facile distinguere un neutrino solare da altre particelle. Uno degli osservatori principali, il Sudbury Neutrino Observatory in Canada, è situato a 2.300 metri sotto la superficie terrestre: un buon posto per “sprofondarsi” nello studio dell'astronomia.

Contare neutrini non è facile, ma qualche tempo fa le misure degli osservatori di neutrini hanno indicato un “buco” tra i neutrini solari: il numero di neutrini arrivati sulla Terra è significativamente inferiore a quello atteso dagli scienziati rispetto al ritmo di produzione energetica del Sole.

Certo, il difetto nel numero di neutrini solari era l'ultimo dei problemi, sulla Terra. La sua importanza impallidiva di fronte a problemi come l'AIDS, le guerre, la fame, il deforestamento, l'estinzione di rare specie animali e il progressivo esaurimento delle riserve di carburante fossile. Ma tormentava ugualmente gli scienziati, spingendoli a formulare nuove teorie sulla fisica delle particelle e sui modelli teorici dell'interno del Sole.

Fortunatamente, gli scienziati del Sudbury Neutrino Observatory (e di altri osservatori) risolsero il problema dei neutrini mancanti: durante il viaggio verso la Terra, alcuni neutrini prodotti nel nucleo del Sole si trasformano alternativamente in altri due tipi di neutrino; i precedenti osservatori di

neutrini che avevano rilevato il difetto neutrino non erano in grado di individuare questi altri due tipi. Il problema era la mancanza di una strumentazione adatta nei laboratori, non l'incapacità di comprendere in che modo il Sole generi energia o quanti neutrini emetta. Ecco una buona analogia: supponiamo di dover contare degli uccelli per conto di un censimento annuale sugli animali selvatici, ma di indossare occhiali con le lenti colorate. Queste lenti rendono difficile distinguere gli uccelli di alcuni colori, per cui si potrebbe essere indotti a pensare che i passerini siano a rischio di estinzione, mentre il problema è che si riescono a vedere solo i cardellini.

Quattro miliardi di anni e passa: l'aspettativa di vita del Sole

Un giorno il Sole dovrà esaurire il suo carburante, morendo. Senza l'energia e il calore del Sole la vita sulla Terra cesserebbe di esistere, gli oceani congelerebbero, così come l'aria. Sembra logico, vero? Invece, nella realtà il Sole aumenterà le proprie dimensioni diventando una stella gigante rossa (per maggiori dettagli sulle stelle giganti rosse, vedi [Capitolo 11](#)). Sembrerà enorme e friggerà gli oceani, che evaporeranno molto prima di avere la possibilità di congelarsi.

Leggete il precedente capoverso con attenzione: non ho scritto che gli oceani *si congeleranno*; ho affermato che senza l'energia del Sole si congelerebbero. In realtà l'energia che la Terra riceve aumenterà così tanto, prima della morte del Sole, che gli esseri umani moriranno a causa del calore, non del freddo, sempre se esisteranno ancora. E per quanto riguarda i mari, verrà servito tonno bollito, non merluzzo surgelato. Alla faccia del riscaldamento globale!

Il gigantesco Sole rosso rigonfierà i suoi strati esterni formando una bellissima nebulosa in espansione, il tipo di gas luminescente che gli astronomi chiamano nebulosa planetaria. Ma non ci sarà nessun essere umano ad ammirarla. Perciò, per apprezzare quello che sicuramente ci perderemo potete dare una bella occhiata ad alcune delle nebulose planetarie create dalle altre stelle (vedi [Capitolo 12](#)).

La nebulosa a poco a poco si dissolverà, tutto quello che sarà rimasto al centro sarà un piccolo tizzone del Sole, un piccolo oggetto caldo detto *stella nana bianca*. Non sarà più grande della Terra e anche se all'inizio sarà molto caldo, sarà troppo piccolo per riversare molta energia sul nostro pianeta. Tutto quello che sarà rimasto sulla nostra superficie congelerà, mentre la nana bianca si estinguerà come un tizzone in un falò, svanendo lentamente.

Fortunatamente dovremmo avere circa 5 miliardi di anni prima che questa prospettiva incomba. Sarà una preoccupazione delle future generazioni, insieme al debito pubblico e a come entrare in possesso di una rara copia della prima edizione di *Astronomia For Dummies*.

Errori accecanti: tecniche sicure di osservazione solare

Galileo Galilei, nelle sue vesti di astronomo, fece la prima grande scoperta telescopica sul Sole nel XVII secolo. Osservando gli spostamenti quotidiani delle macchie solari lungo la superficie del nostro astro, ne dedusse che ruota su se stesso. Secondo alcuni racconti, osservando il Sole si danneggiò la vista. Potrebbe non essere vero, ma il mio avvertimento lo è di sicuro, invece: guardare il Sole al telescopio o con un altro strumento ottico come per esempio un binocolo, è estremamente pericoloso. Un telescopio o un binocolo catturano molta più luce dell'occhio umano e la concentrano in un piccolo punto della vostra retina, il che può causare un danno immediato e grave. Avete presente un *vetro ardente*, ossia una lente di ingrandimento che concentra i raggi del Sole su un pezzo di carta fino a bruciarlo? Ecco, questa similitudine vi aiuterà a farvi la giusta idea.



Anche guardare il Sole a occhio nudo non è una buona idea e può essere dannoso. E dargli anche solo una rapida occhiata con un telescopio, un binocolo o qualsiasi altro strumento ottico (vostro o di altri) è molto pericoloso, a meno che lo strumento non sia attrezzato con un filtro solare, installato correttamente e

prodotto specificatamente per osservare il Sole da un'azienda affidabile. In alternativa, potete osservare il Sole con una tecnica chiamata della *proiezione* (vedi il paragrafo seguente). Se seguirete scrupolosamente le istruzioni fornite nei due prossimi paragrafi non incorrerete in brutte esperienze, probabilmente. Ma la cosa migliore è quella di cominciare l'osservazione del Sole sotto la guida di un amatore esperto o di un astronomo professionista (per informazioni sui club e le altre risorse che vi possono dare una mano per iniziare, andate al [Capitolo 2](#)).

Guardare il Sole in proiezione

Galileo inventò la tecnica di proiezione usando un telescopio semplice per proiettare un'immagine del Sole su uno schermo, come un proiettore di diapositive. Questa tecnica è sicura solo se utilizzata propriamente con telescopi semplici, come quelli venduti con la denominazione di *rifrattori* o *riflettori newtoniani*.

Come abbiamo visto nel [Capitolo 3](#), un riflettore newtoniano utilizza esclusivamente specchi, a esclusione dell'oculare che si trova in cima al cilindro del telescopio, da dove sporge perpendicolarmente. Un rifrattore, invece, utilizza solo lenti e non contiene specchi.



Non utilizzate il metodo di proiezione con telescopi che contengano lenti e specchi, sempre escludendo l'oculare. In altre parole, non utilizzate la proiezione con telescopi di modello Schmidt-Cassegrain o Maksutov-Cassegrain, che utilizzano sia lenti sia specchi (ho descritto questi telescopi nel [Capitolo 3](#)). L'immagine solare, concentrandosi, potrebbe danneggiare le componenti sigillate nel cilindro del telescopio e causare un pericolo.



Ecco come guardare il Sole in sicurezza utilizzando la tecnica di proiezione:

- 1. montate un riflettore o rifrattore Newton su un treppiede;**
- 2. installate un oculare a bassa potenza;**
- 3. puntate il telescopio nella direzione del Sole senza guardarci dentro. Quando uscirà il fascio di luce solare, tenete voi stessi e le altre persone lontano dall'oculare e fuori dalla sua traiettoria ottica (se il telescopio ha un piccolo mirino, non guardate nemmeno attraverso quello!);**
- 4. cercate l'ombra del telescopio a terra;**
- 5. muovete il telescopio lateralmente e avanti e indietro mentre guardate la sua ombra, per renderla il più piccola possibile.**

Il modo migliore è quello di tenere un pezzo di cartone sotto al telescopio perpendicolarmente alla sua lunghezza, in modo che l'ombra del cilindro cada sul cartone. Posizionate il telescopio in modo che la sua ombra somigli il più possibile a una forma circolare scura;

- 6. tenete il cartone davanti all'oculare; il Sole sarà nel campo visivo e la sua immagine verrà proiettata sul cartone.**

Anche se l'immagine del Sole non è visibile sul cartone, la sua forte luce dovrebbe apparire su un suo angolo; in questo caso, muovete il telescopio in modo da far spostare la luce nel centro del cartone.

Ricordate che spostando il cartone più lontano dall'oculare si otterrà un'immagine più grande e facile da osservare, ma se lo allontanate troppo l'immagine sarà troppo debole.



La [Figura 10.4](#) mostra un diagramma della tecnica di proiezione (*importante*: il diagramma mostra un piccolo mirino montato sul telescopio perché la maggior parte dei telescopi viene costruita

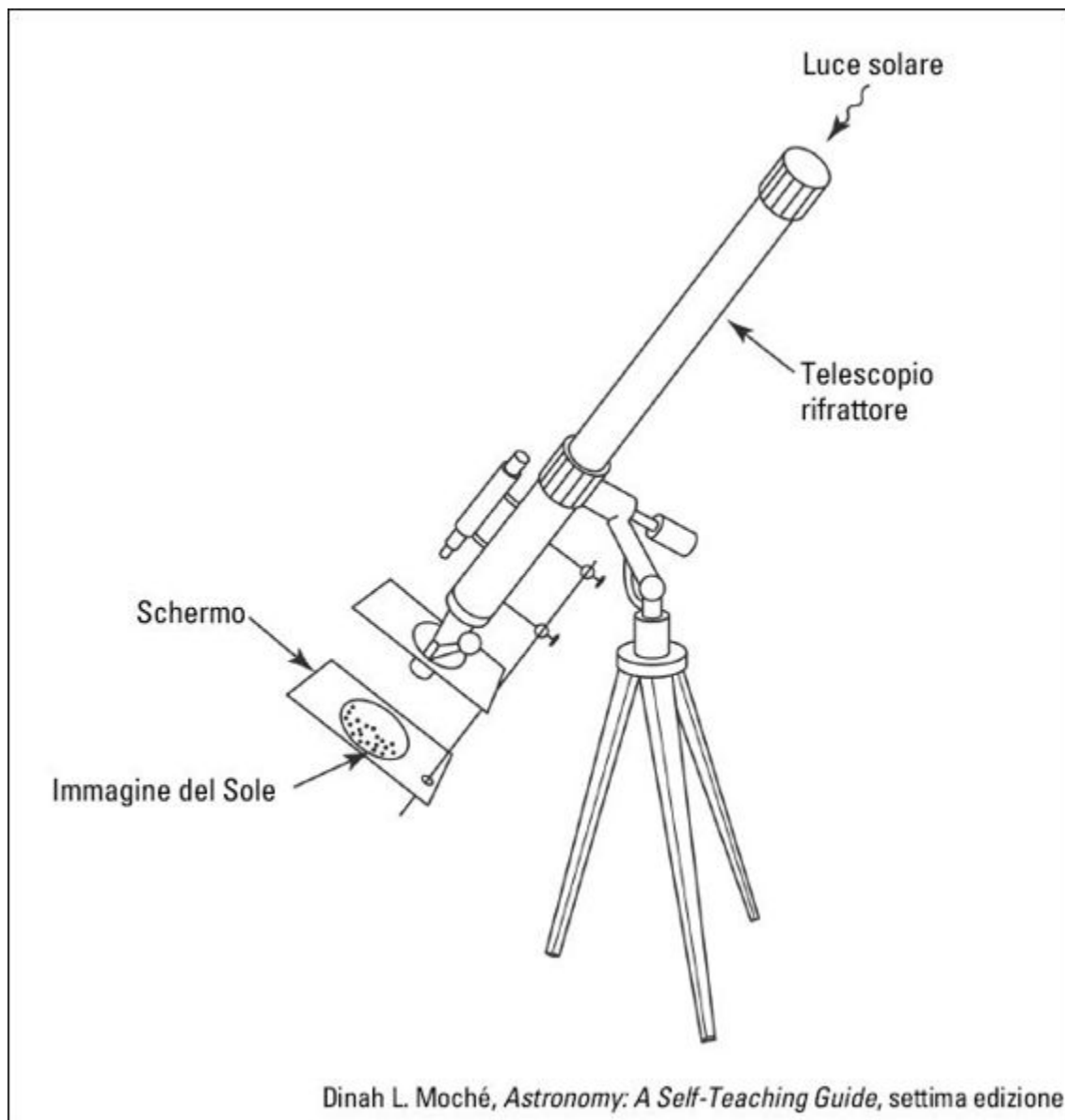
così, ma, come già detto prima, non dovete guardare il Sole né attraverso il mirino, né attraverso l'oculare principale, perché vi causerebbe seri danni alla vista). Il modo più pratico e sicuro di esercitarsi con questa tecnica è di consultare un osservatore esperto presso il vostro club astronomico locale (fate un salto al [Capitolo 2](#) per sapere come trovare un club nella vostra zona).

Anche se evitate di guardare attraverso il telescopio, dovete essere consapevoli degli altri rischi che il metodo di proiezione presenta. Una volta ho visto uno studente di una scuola di Brooklyn proiettare l'immagine del Sole con un telescopio da 175 mm. Sapeva di non dover guardare nell'oculare, ma non si preoccupò di passarvi davanti col braccio a stretta distanza, dove l'immagine del Sole è molto piccola. L'immagine calda e concentrata fece un bel buco fumante nella manica della sua giacca di pelle!



Dovete prestare molta attenzione quando utilizzate il telescopio come proiettore di immagini del Sole, e non dovete *mai* lasciar utilizzare il telescopio a bambini incustoditi o a chiunque non sia pratico del metodo. Non guardate il Sole attraverso il vostro telescopio né attraverso il mirino eventualmente posto su di esso. Per evitare danni assicuratevi che i corpi, gli abiti e altri oggetti non entrino nel raggio di luce proiettato; solo il vostro schermo di proiezione in cartone deve trovarsi nella traiettoria del raggio.

Figura 10.4 Proiettate l'immagine del Sole su una superficie bianca per proteggere la vista



Quando avrete acquisito dimestichezza con la tecnica di proiezione, potrete finalmente cercare le macchie solari. Se individuate delle macchie, guardatele di nuovo il giorno dopo e poi ancora quello successivo per vederle muoversi attraverso il disco solare. In realtà, per quanto la macchie si possano muovere un po', il movimento è dovuto principalmente alla *rotazione solare*. In questo modo ripeterete la scoperta di Galileo, ma in modo sicuro.

Se non volete utilizzare la tecnica di proiezione, oppure se possedete un telescopio che utilizza sia lenti sia specchi – quindi inutilizzabile con questa tecnica – potete comunque osservare il Sole in sicurezza, ma vi serve uno

speciale *filtro a luce bianca*. “A luce bianca” significa che il filtro lascia passare tutti i colori della luce visibile; “filtro” significa che fa diminuire l’intensità della luce. Guardare il Sole con il filtro a luce bianca (si veda il paragrafo seguente) richiede un modesto investimento, ma il prezzo che pagherete vale le osservazioni e la sicurezza che ne otterrete. Continuate a leggere, novelli Galileo!

Osservazione solare: lo stile spendaccione

Speciali filtri solari, chiamati *filtri H-alfa*, permettono di osservare alcune caratteristiche del Sole che non sono osservabili alla luce bianca. In particolare, a meno che non stiate guardando un’eclissi totale di Sole, questi filtri sono necessari per vedere le prominente solari, che appaiono come archi molto pronunciati sul bordo o sull’orlo del disco solare. Ma questi filtri sono molto costosi (spesso superano i 1.000 euro).

Il prezzo dei filtri H-alfa dipende dalla *lunghezza di banda* (detta anche *banda passante*), cioè la breve lunghezza di spettro solare che lasciano passare, filtrando il resto. Di solito, più è stretta la banda più il filtro è costoso. La maggior parte dei filtri H-alfa dovrebbe mostrare le prominente sul bordo del Sole, ma per poter vedere bene le eruzioni solari vi servono filtri a banda passante 0,7 (0,7 angstrom), o anche meno. Al filtro H-alfa potete anche vedere i *filamenti*, che somigliano a linee scure e leggermente curve sulla superficie solare, invisibili con i filtri a luce bianca. I filamenti e le prominente sono essenzialmente uguali: se visti al filtro H-alfa sul bordo del Sole, appaiono luminosi su un fondo relativamente scuro, ma appaiono scuri se visti sulla faccia del Sole, che offre uno sfondo luminoso.

Se il prezzo non vi spaventa (e avete esperienza nell’osservazione a luce bianca che descrivo in questo capitolo), assicuratevi di fare una ricerca sui filtri solari H-alfa. La Thousand Oaks Optical (www.thousandoaksoptical.com) è uno dei principali produttori di filtri H-alfa e di altri filtri per l’osservazione solare. La Meade Instruments vende filtri SolarMax II, un prodotto di alta qualità che potete utilizzare per migliorare il contrasto (www.meade.com).

Forse, il modo più sicuro ed economico per ottenere delle immagini solari con un filtro H-alfa è quello di utilizzare un piccolo telescopio costruito solo per questo scopo. In particolare, il celebre Coronado Personal Solar Telescope, anch'esso venduto dalla Meade, che produce immagini eccezionali. Costa circa 600 euro senza cavalletto. Con un filtro H-alfa potete vedere molte delle attività solari, ma costa molto di più dell'osservazione a luce bianca, che mostra solo le macchie solari.

Osservare il Sole attraverso filtri anteriori

Gli unici filtri che vi raccomando per l'osservazione del Sole in luce bianca vanno messi sul lato *anteriore* del vostro telescopio, in modo che non entri luce nel telescopio senza passare attraverso il filtro (questi filtri non sono i filtri H-alfa descritti nell'insero "Osservazione solare: lo stile spendaccione", sono anche molto meno costosi). I filtri a luce bianca mostrano le macchie solari, cosa che i filtri H-alfa non fanno. Tuttavia, al contrario degli H-alfa, non riescono a mostrare le prominente e le eruzioni solari.



I filtri da mettere vicino o al posto dell'oculare finiscono per rompersi a causa del calore solare concentrato, causando possibili danni alla vista. Utilizzate solo filtri da mettere sul lato anteriore del vostro telescopio.

Un elenco dei vari tipi di telescopio è disponibile nel [Capitolo 3](#), quanto ai filtri anteriori per l'osservazione sicura del Sole, vi raccomando i seguenti:

- ✓ **filtri ad apertura completa:** adatti a telescopi con un'apertura di 100 mm o meno (*l'apertura* è il diametro dello specchio o della lente che cattura la luce), come il Meade ETX90 e il Celestron SkyProdigy 90 (vedi [Capitolo 3](#)). Il filtro si estende su tutto il diametro del telescopio

in modo che la lente o lo specchio che cattura la luce riceva dal Sole solo luce filtrata;

- ✓ **filtri fuori asse:** più adatti a telescopi con un'apertura di 100 mm o più, ma non ai rifrattori. Un filtro fuori asse è più piccolo dell'apertura del telescopio, ma è montato su un disco che copre l'intera apertura. Il Sole è così luminoso che non serve l'intera apertura del telescopio per catturare la luce utile a una buona osservazione solare. Un'apertura maggiore può potenzialmente offrire un'immagine più nitida, ma nella maggior parte dei luoghi la sfocatura di origine atmosferica annulla questo vantaggio. Entrando un quantitativo minore di luce non necessaria, sarete più al sicuro sia voi sia il vostro telescopio.

Mettere lo stop down ai vostri telescopi

Quando bloccate in parte o quasi del tutto il cammino ottico in un telescopio (usando per esempio un filtro che fa passare la luce dall'apertura solo parzialmente), state mettendo uno *stop down* al vostro telescopio.

Indovinate chi ha inventato lo stop down? Ancora una volta Galileo! Che uomo!

Con un telescopio in stop down, guardando le macchie solari potete ripetere il suo lavoro. Fece anche degli esperimenti di fisica, come (si dice, ma non c'è alcuna prova certa) quello di lasciar cadere dei pesi dalla Torre di Pisa. Anche questo, non ripetetelo mai!

Sulla maggior parte dei telescopi non rifrattori potete utilizzare un filtro fuori asse, perché di solito all'interno del cilindro hanno piccoli specchi o dispositivi meccanici sull'asse ottico, che intercettano la parte di luce che percorre la parte centrale del cilindro.

Nel caso speciale di un rifrattore con apertura di 100 mm o più, il filtro dovrà andare sopra la parte superiore del telescopio ed essere più piccolo dell'apertura, ma si dovrà montare centralmente su un disco opaco che copra il telescopio. Il filtro va montato centrato perché di solito la parte

centrale della lente principale del rifrattore (quella grande) ha una qualità ottica superiore alla parte periferica.

La Thousand Oak Optical, in California, costruisce vari tipi di filtri solari ad apertura completa e fuori asse. L'azienda vende filtri costruiti per essere compatibili con specifici telescopi in commercio, come è elencato sul sito <http://thousandoaksoptical.com/solar.html>.



Usate i filtri solari seguendo attentamente le istruzioni del costruttore.

Divertirsi con il Sole: le osservazioni solari

Il Sole è un'affascinante palla di gas caldo che cambia continuamente offrendo notevoli opportunità per l'osservatore prudente. Oltre a osservare il Sole da soli (utilizzando le precauzioni descritte), potete anche visitare siti con fotografie professionali che incutono un timore reverenziale. Approfittate di entrambi gli approcci, vivrete un'esperienza solare completa. Di seguito trovate dei suggerimenti per poter godere personalmente del caro buon vecchio Sole.

A caccia di macchie solari



Una volta pratici dei metodi di osservazione in sicurezza, cioè la tecnica di proiezione e l'uso di filtri solari, potrete cominciare a studiare le macchie solari seguendo questo piano d'azione:

- ✓ osservate il Sole il più spesso possibile;
- ✓ annotatevi le dimensioni e le posizioni delle macchie solari e dei gruppi di macchie presenti sul disco solare.

Alcune macchie si presentano come semplici puntini scuri. Se il puntino scuro continua a rimanere tale osservandolo con un telescopio potente, allora si tratta di un *poro*. Ma, se la macchia è abbastanza grande, se ne possono distinguere le diverse regioni. La porzione centrale più scura è detta *ombra*, mentre l'area circostante che appare più scura del disco solare, ma più chiara dell'ombra, è la *penombra*;

- ✓ segnate su una carta il movimento che le macchie solari compiono durante un giro completo del Sole su se stesso, che dura da 25 giorni (all'equatore) a 35 giorni circa (ai poli; il Sole, infatti, gira a velocità differenti a latitudini differenti, e questa è un'altra delle sue misteriose e inaspettate caratteristiche).

La sezione solare dell'Association of Lunar and Planetary Observers mette a disposizione un modulo per registrare e segnalare le macchie solari sul sito <http://alpoastronomy.org/solar/frm1.pdf>. Allo stesso scopo, la sezione solare della British Astronomical Association mette a disposizione il suo modulo "Grid Drawing", oltre ad altri moduli per l'osservazione solare. Visitate il sito www.britastro.com, cliccate sulla sezione solare e poi sulla voce della sezione.

Osservando le macchie, potreste annotare quante ne vedete in un giorno; questa cifra è detta (provate un po' a indovinare...) *numero di macchie solari*. Se volete potete anche annotarvi il numero di macchie solari viste di anno in anno, per cercare di misurarne il ciclo voi stessi. Di seguito vi fornirò informazioni su come calcolare il numero di macchie e su dove trovare cifre ufficiali.

Calcolare il proprio numero personale di macchie

Potete calcolare il vostro numero di macchie per ogni giorno di osservazione utilizzando questa formula:

$$R = 10g + s$$

dove R è il vostro numero di macchie, g il numero dei gruppi di macchie solari che vedete sul Sole e s il numero totale di macchie solari da voi individuate, incluse quelle in gruppo. Le macchie, solitamente, appaiono isolate l'una dall'altra su diverse parti del disco solare. Le macchie vicine

su una parte del disco costituiscono un gruppo. Una macchia completamente isolata costituisce un gruppo a sé (il ragionamento alla base di questa designazione è di per sé piuttosto “macchiato”, ma gli scienziati hanno fatto così per anni).

Supponete di aver contato cinque macchie; tre si trovano vicine su una parte del Sole, mentre le altre due appaiono in luoghi molto distanti. Avete dunque tre gruppi (il gruppo da tre e i due gruppi a singola macchia), per cui g è pari a 3. Il numero totale di macchie individuali è cinque, per cui s è pari a 5. Dunque:

$$R = (10 \times 3) + 5 = 30 + 5 = 35.$$

Come trovare i dati ufficiali sulle macchie solari

In uno stesso giorno, osservatori diversi ottengono numeri personali di macchie solari differenti. Se avete condizioni visive e un telescopio migliori del signor Rossi vostro vicino – o anche solo un’immaginazione più fervida – conterete un numero di macchie maggiore. Se il vostro calcolo vi dà $R = 59$, mentre quell’imbranato del signor Rossi è arrivato solo a $R = 35$, per quanto riguarda le macchie solari, avrete di gran lunga vinto voi! Rimane aperta la questione dell’erba più verde dei vostri giardini, ma vi lascio risolvere la disputa tra vicini. Tutto chiaro?

Le autorità centrali che catalogano e fanno la media delle segnalazioni dei diversi osservatori, sanno per esperienza che c’è chi viaggia al passo del signor Rossi, chi ne vede ancora meno e altri, bravi come voi, che sono molto più avanti. In base a questa esperienza, le autorità calibrano ogni singolo osservatorio od osservatore e modellano i calcoli futuri in modo da pesare le segnalazioni e avere la migliore stima giornaliera del numero di macchie.



Potete controllare giornalmente (o quando vi pare) il numero di macchie solari sul sito www.spaceweather.com.

Gli scienziati si aspettavano il prossimo picco di macchie nel 2012. Ma potrebbero essere necessari anche alcuni anni dopo il picco per determinare quando esso sia effettivamente avvenuto. Se vi siete persi il picco, potete guardare il numero delle macchie solari diminuire finché non raggiungerà il minimo del ciclo solare, quando per mesi cercherete una macchia decente invano.

Vivere l'emozione di un'eclissi solare

Il modo migliore per osservare la regione più esterna e più bella del Sole, la corona, su base giornaliera, è quello di guardare le immagini postate sui siti web che elencherò tra poco. Ma vedere la corona “personalmente dal vivo” è uno spettacolo che non vi dovrete negare. Durante un'eclissi totale di Sole, la corona è uno dei più belli spettacoli della natura. È il motivo per cui molti astronomi dilettanti risparmiano per anni per concedersi il lusso di un viaggio emozionante per vedere un'eclissi (per i dettagli, vedi [Capitolo 2](#)). Anche gli astronomi professionisti, pur avendo a disposizione satelliti e telescopi spaziali, si spostano per vedere le eclissi.

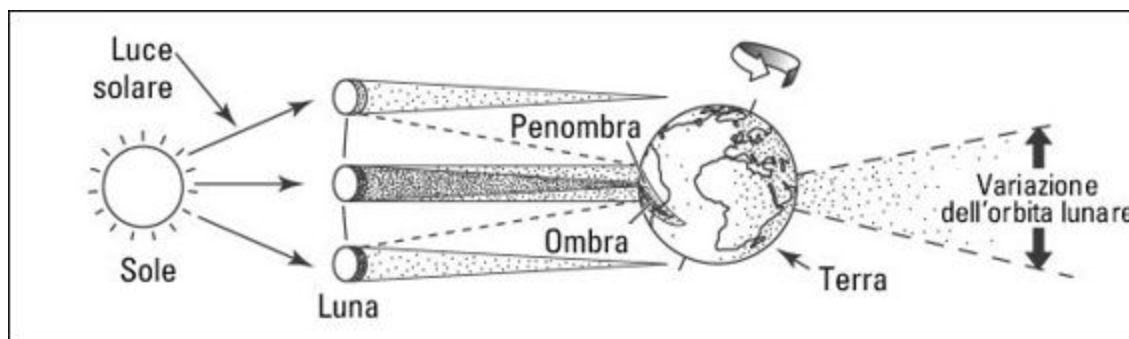
Il Sole è soggetto a *eclissi parziali, anulari e totali*. Lo spettacolo più grandioso è l'eclissi totale; anche alcune eclissi anulari valgono il viaggio (durante un'eclissi anulare un sottile anello della fotosfera rimane visibile intorno al bordo della Luna). Un'eclissi parziale non è uno spettacolo per cui valga la pena di fare un lungo viaggio, essendo impossibile vedere la cromosfera o la corona, ma se ne capita una dalle vostre parti datele comunque un'occhiata. Dopotutto, gli stadi iniziale e finale di un'eclissi anulare o totale sono eclissi parziali, per cui è bene saper osservare anche queste fasi.

L'osservazione sicura di un'eclissi

Per osservare un'eclissi parziale o le fasi di eclissi parziale di un'eclissi totale, utilizzate i filtri solari descritti nel paragrafo “Osservare il Sole attraverso filtri anteriori” in questo capitolo. Potete guardare attraverso binocoli o telescopi muniti di filtri, potete tenere un filtro davanti agli occhi, oppure potete utilizzare le tecniche descritte nel paragrafo “Guardare il Sole in proiezione”.

Un'eclissi totale, normalmente, comincia come eclissi parziale con il *primo contatto*, quando il bordo della Luna attraversa per la prima volta quello del Sole. In questa fase state vedendo un'eclissi *parziale di Sole*, cioè vi trovate nella *penombra*, o ombra esterna chiara, della Luna (vedi [Figura 10.5](#)).

Figura 10.5 Cosa accade quando la Luna eclissa il Sole.



Si arriva al *secondo contatto* quando il bordo anteriore della Luna raggiunge il bordo più lontano del Sole, oscurandolo totalmente alla vista. Ora siete davanti a un'eclissi *totale*; vi trovate nell'ombra scura, detta anche *ombra centrale della Luna*. Potete posare il vostro filtro o il vostro binocolo filtrato e godervi in tutta sicurezza lo spettacolo del Sole totalmente oscurato. Ma quando la copertura totale è terminata, non fissate il Sole, non è affatto sicuro!

Non usate gli occhiali 3D di papà

La Rainbow Symphony vende gli Eclipse Shades, occhiali simili a quelli 3D che indossiamo al cinema. Servono a guardare la fase parziale di un'eclissi totale di Sole o una qualunque fase di eclissi parziale. Cercateli sul sito dell'azienda, www.rainbowsymphony.com. Anche la Thousand Oaks Optical (www.thousandoaksoptical.com) offre un prodotto simile, che si chiama Solar Viewers. Entrambi i prodotti sono relativamente economici. Se per vedere l'eclissi portate con voi la vostra famiglia o gli amici, suggerisco che ognuno abbia il proprio paio di occhiali.



La corona forma un alone luminoso intorno alla Luna, a volte con lunghi filamenti verso est e verso ovest. Potete vedere sottili raggi polari nella corona a nord e a sud del bordo lunare. Cercate i puntini rossi, sono prominente solari a volte visibili a occhio nudo per brevi momenti durante l'eclissi. La sottile striscia rossa che circonda il bordo della Luna è la cromosfera solare, più visibile in alcune eclissi che in altre. Vicino al picco di undici anni del ciclo delle macchie, durante un'eclissi totale la corona ha una forma tondeggiante, mentre negli anni di minimo è allungata verso est-ovest. Inoltre, a ogni eclissi la corona cambia forma.



Per guardare il Sole totalmente eclissato, alcune persone rimuovono i filtri dai loro binocoli o telescopi. Questo comportamento può essere molto pericoloso se:

- ✓ si guarda troppo presto e il Sole non è ancora del tutto eclissato;
- ✓ si guarda troppo a lungo (come accade spesso) e si continua a guardare allo strumento ottico quando il Sole comincia a riemergere da dietro la Luna.

Fate attenzione! Come ho spiegato nell'avvertenza precedente, sconsiglio vivamente di osservare il Sole con binocoli e telescopi senza filtri, anche durante un'eclissi totale, a meno che non guardiate sotto il controllo di un esperto. A volte, per esempio, la guida esperta di un viaggio per un'eclissi o di una crociera utilizza un altoparlante, dei calcoli computerizzati e la propria esperienza per annunciare quando guardare il Sole eclissato. La guida vi dirà anche quando smettere, avvisandovi con largo anticipo.

In base alla mia esperienza (che è stata dolorosa), il modo più facile per farvi del male è quello di guardare attraverso il vostro binocolo o telescopio

“ancora un secondo”, quando una minuscola parte della superficie luminosa del Sole comincia a emergere da dietro la Luna. Quella minuscola porzione non sembra così brillante da indurvi a distogliere immediatamente lo sguardo. Tuttavia, purtroppo, quello di cui non vi accorgete è che i raggi infrarossi provenienti dalla minuscola esposizione della superficie solare, invisibili, danneggiano i vostri occhi senza abbagliarvi né causare un dolore immediato. Comincerete a sentire dolore dopo alcuni minuti, ma ormai il danno sarà fatto.

Osservando in modo sicuro, senza provare mai a guardare il Sole, potrete invece aspettare trepidanti l'arrivo di molte eclissi solari!

Alla ricerca delle fasce d'ombra, dei grani di Baily e dell'anello di diamanti



Un'altra buona ragione per evitare di guardare con strumenti ottici durante la totalità di un'eclissi è che c'è già abbastanza da cercare nel cielo a occhio nudo.

Ecco alcuni fenomeni facilmente individuabili che potete cercare durante un'eclissi:

- ✓ appena prima della totalità, le cosiddette *fasce d'ombra*, luccicanti zone a basso contrasto con righe di luce e ombra, potrebbero correre sul terreno o, se siete in mare, lungo il ponte della vostra nave. Le fasce sono un effetto ottico che avviene nell'atmosfera quando una piccola striscia del disco solare sbucca ancora da dietro la Luna, prima che l'eclissi sia totale;
- ✓ i *grani di Baily* appaiono un istante prima e dopo la totalità, quando minuscole regioni della superficie solare brillano attraverso i bordi di montagne e crateri lunari. A un certo momento potrebbe esserci un solo grano molto luminoso. Gli astronomi chiamano questo fenomeno

anello di diamanti (la corona brillante assomiglia a un anello attorno alla Luna, di cui il grano luminoso è il “diamante”);

- ✓ gli animali selvatici (e anche quelli domestici, se vi trovate in un fattoria) hanno una forte reazione davanti a un’eclissi. Gli uccelli atterrano per mettersi a dormire, le mucche tornano verso la stalla e così via. Durante un’eclissi del XIX secolo alcuni eminenti scienziati sistemarono i loro strumenti in una stalla, puntando i telescopi verso il Sole attraverso la porta. Ebbero una bella sorpresa quando, cominciata la totalità, tutta la mandria rientrò di corsa!
- ✓ nei luoghi in cui la luce solare filtra attraverso le foglie degli alberi, spesso sul terreno si vede un disegno a macchie: piccole macchie luminose a forma di Sole. Prima che cominci l’eclissi le macchie sono tonde, come il Sole non oscurato. Durante l’eclissi parziale sembrano mezze lune, poi falci di Luna, e continuano a cambiare forma in base alla fase dell’eclissi. Potete osservare queste macchie anche senza un albero. Portatevi un colapasta e, durante l’eclissi, lasciate passare la luce del Sole attraverso i suoi forellini.



Quando il Sole è totalmente eclissato, date un’occhiata al cielo tutto intorno. Avrete la rara opportunità di vedere le stelle di giorno. Articoli specifici pubblicati sulle riviste d’astronomia o postati sui loro siti vi diranno quali stelle e pianeti cercare a ogni eclissi. Oppure potete provare a capirlo da soli simulando l’aspetto del cielo nel giorno e nell’ora dell’eclissi sul programma apposito del vostro desktop o tramite simili app sui vostri smartphone (vedi [Capitolo 2](#)). Dovete solo programmare il vostro dispositivo in modo che mostri come sarà il cielo nel luogo da cui avete programmato di guardare l’eclissi.

Seguendo il cammino della totalità

La totalità finisce con il *terzo contatto*, quando il bordo posteriore della Luna esce dal disco solare. Nell’ultimo momento della totalità, una piccola area della fotosfera potrebbe emergere da dietro la Luna. Allora sarà visibile

l'anello di diamanti che ho descritto sopra. Adesso siete tornati nella penombra e potete vedere un'eclissi parziale. Al momento del *quarto o ultimo contatto*, il bordo posteriore della Luna abbandona il lembo anteriore del Sole. L'eclissi è finita.

L'intera eclissi, dal primo contatto all'ultimo, può durare alcune ore, ma la parte migliore, la totalità, dura circa da un minuto a sette o poco più.

La durata maggiore dell'eclissi avviene in un luogo soltanto lungo il *cammino della totalità*, cioè il percorso dell'ombra lunare sulla superficie terrestre. La totalità è più corta in qualunque altro punto del cammino. Naturalmente, il punto di durata massima potrebbe non avere le migliori condizioni meteorologiche, o potrebbe non essere raggiungibile facilmente e in modo sicuro. Così, programmare in anticipo il vostro viaggio è di vitale importanza. Tutti i luoghi, le sistemazioni, i veicoli migliori e tutto il resto sono di solito già esauriti almeno un anno o due prima dell'evento.

Per programmare il vostro viaggio verso l'eclissi, scegliete un'eclissi dalla [Tabella 10.1](#) e cominciate a cercare il modo migliore per vederla.



Alcuni anni prima dell'eclissi, sulle riviste di astronomia cominciano ad apparire articoli che trattano le prospettive meteorologiche e gli aspetti logistici per vedere il fenomeno da diversi luoghi. Controllate per esempio sui siti di *Sky & Telescope* o di *Astronomy* (vedi [Capitolo 2](#)). Date anche un'occhiata alle inserzioni pubblicitarie per i viaggi dell'eclissi e, infine, non mancate di controllare le previsioni più affidabili, come quelle della NASA sul sito dedicato alle eclissi (<http://eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html>). Per i miei consigli sui viaggi dell'eclissi, leggete il [Capitolo 2](#) e... buon divertimento!

Tabella 10.1 **Future eclissi totali di Sole**

Data dell'eclissi *Durata massima* *Fascia di totalità*

<i>totale</i>	<i>(in minuti e secondi)</i>	
3 novembre 2013	1,40	Atlantico fino in Africa, dal Gabon in Uganda, Kenya ed Etiopia
20 marzo 2015	2,47	Atlantico settentrionale a sud della Groenlandia fino alle Isole Faroe, al Mar di Norvegia, alle Isole Spitsbergen e quasi fino al Polo Nord
9 marzo 2016	4,09	Oceano Indiano, Sumatra, Borneo, Mare delle Filippine e Pacifico settentrionale
21 agosto 2017	2,40	Pacifico settentrionale verso gli Stati Uniti continentali passando per Oregon, Idaho, Wyoming, Nebraska, Missouri, Kentucky, Tennessee, South Carolina e attraverso l' Atlantico
2 luglio 2019	1,02	Pacifico meridionale, Cile e Argentina
14 dicembre 2020	2,10	Pacifico meridionale, Cile, Argentina e Atlantico meridionale
4 dicembre 2021	1,54	Oceano Meridionale, Antartide, Mare di Weddel, di nuovo Oceano Meridionale fino all' Atlantico meridionale

Le immagini del Sole in Rete

Ci sono vari indirizzi sul Web dove vedere le immagini professionali attuali o recenti del disco solare e delle macchie solari (quelle che gli astronomi chiamano foto a luce bianca, cioè tutta la luce visibile del Sole). Un buon sito è quello dell'Osservatorio di astrofisica di Catania (<http://www.oact.inaf.it/sun>). Le foto a luce bianca sono quelle chiamate *continuum*, un termine tecnico per indicare che a foto è stata

scattata senza alcun filtro colorato. Su queste foto potete allenarvi a identificare un gruppo di macchie solari e a contarle. Se a Catania il tempo è nuvoloso, potete cercare altrove un'immagine real time a luce bianca del disco solare, per esempio sulla pagina Web Full Disk Observations del Big Bear Solar Observatory in California (www.bbso.njit.edu/cgi-bin/LatestImages). E poiché nello spazio non è mai nuvoloso, date un'occhiata alle foto a luce bianca del Solar Dynamics Observatory (SDO) della NASA, basta andare all'indirizzo <http://umbra.nascom.nasa.gov/images> e cliccare sull'immagine "continuum 4500 Å".

Se non è in corso un'eclissi totale di Sole, non potete osservare la corona, ma potete sempre vedere le foto a luce bianca scattate dal SOHO, un satellite sviluppato dall'Agenzia Spaziale Europea e dalla NASA, sul sito The Very Latest SOHO Images (<http://soho.nascom.nasa.gov/data/realtime-images.html>). Le immagini sono sotto il nome di "LASCO".

Inoltre, potete trovare mappe recenti del campo magnetico solare sui siti di alcuni osservatori astronomici professionali, incluso lo Stanford University's Wilcox Solar Observatory (<http://wso.stanford.edu>). Un'altra ottima fonte è il National Solar Observatory, dove i magnetogrammi sono indicati come "VSM Data" alla pagina http://solis.nso.edu/vsm_fulldisk3.html (VSM è l'acronimo inglese di Vectorial SpectroMagnetograph, spettromagnetografo vettoriale, uno strumento progettato specificatamente per misurare i campi magnetici sul Sole).

Se siete astronomi esperti, volendo fotografare il cielo con il vostro telescopio, potreste provare con la fotografia solare. Potete trovare ispirazione nelle immagini del Mount Wilson Observatory, dove i ricercatori stanno fotografando il Sole dal 1905. Date un'occhiata alla meravigliosa immagine di un aereo che si staglia contro un Sole pieno di macchie, e all'immagine del più grosso gruppo di macchie solari mai fotografato, che risale al 7 aprile 1947. Se sarete così fortunati da vedere un gruppo di macchie grande anche solo la metà, sarete in grado di vederlo non solo al telescopio, ma anche guardando con il solo filtro solare senza l'aiuto di strumenti ottici. Il sito del Mount Wilson su cui potete trovare alcune foto

storiche, a luce bianca, del Sole è

<http://physics.usc.edu/solar/direct.html>.

Gli astronomi studiano il Sole con tutti i tipi di luce, non solo quella bianca. Le ricerche includono immagini scattate ai raggi ultravioletti, ai raggi ultravioletti spinti e ai raggi X, tutte forme di luce invisibili all'occhio umano e bloccate dall'atmosfera terrestre. Queste immagini vengono scattate con i telescopi montati su satelliti in orbita intorno alla Terra a elevate altitudini oppure sono scattate da veicoli spaziali che si trovano più lontani, in orbita attorno al Sole proprio come la Terra. Le immagini solari scattate dai satelliti e da molti tipi di telescopi terrestri sono disponibili sul sito della NASA Current Solar Images

(<http://umbra.nascom.nasa.gov/images/latest.html>).

Un'altra ottima fonte per le immagini solari è il Solar Dynamics Observatory (SDO), inaugurato nel 2010. Date un'occhiata alle immagini e ai video sul loro sito

(www.nasa.gov/mission_pages/sdo/main/index.html). Per ulteriori immagini e filmati della NASA visitate infine il sito della missione STEREO (<http://stereo.gsfc.nasa.gov>).

Il Sole appartiene a tutti, perciò guardatelo spesso. Sarete felici di averlo fatto!

Capitolo 11

Un viaggio tra le stelle

In questo capitolo

- ▶ Seguire il ciclo vitale delle stelle
- ▶ Valutare le caratteristiche delle stelle
- ▶ Dare uno sguardo alle stelle binarie, multiple e variabili
- ▶ Incontrare vere personalità stellari
- ▶ Partecipare alla Citizen Science con le stelle

Centinaia di miliardi di stelle come il Sole costituiscono insieme la galassia della Via Lattea (detta anche “la Galassia”), in cui si trova la Terra. A loro volta, gli altri miliardi di galassie scoperte nell’universo contengono tutte un numero enorme di stelle. Come le persone, anche le stelle si prestano a tutta una serie di classificazioni. La grande maggioranza rientra in semplici tipologie che corrispondono agli stadi del ciclo vitale delle stelle, esattamente come noi classifichiamo le persone in base all’età.

Quando comprenderete cos’è una stella e come percorre il proprio ciclo vitale avrete un’idea diversa su questi luminosi fari del cielo notturno, anche su quelli che non sono poi tanto luminosi.

In questo capitolo evidenzierò come la massa iniziale di una stella, quella con cui nasce, determini la sua evoluzione. Continuerò poi con le caratteristiche chiave delle stelle per poi passare a descrivere le stelle binarie, multiple e variabili, con le loro caratteristiche che le rendono così interessanti da osservare.

E siccome una discussione davvero completa sulle stelle deve includere per forza anche i pettegolezzi sulle celebrità, vi presenterò alcuni VIP del cielo notturno che vale davvero la pena conoscere. Sono le principali personalità del vicinato solare.

Un ciclo vitale infuocato e massiccio

La classificazione principale delle stelle corrisponde agli stadi successivi nel loro ciclo di vita: infanzia, età adulta, anzianità e morte (niente adolescenza per le stelle!). Ovviamente, nessun astrofisico degno della sua laurea utilizza termini così semplici, infatti gli astronomi definiscono i quattro stadi delle stelle come: *oggetto stellare giovane* (Young Stellar Object, YSO), *stella della sequenza principale*, *gigante rossa* e, infine, *stella al termine dell'evoluzione*. In realtà molte stelle non muoiono, continuano a esistere sotto forme diverse e diventano *nane bianche*, *buchi neri* o *stelle di neutroni*. Ma in alcuni casi vengono completamente distrutte.

Questo è il ciclo vitale di una stella normale con massa simile a quella del Sole:

- 1. gas e polveri in una fredda nebulosa condensata, che forma un oggetto stellare giovane (YSO);**
- 2. collassando per la gravità, la stella dissipa i resti della nube natale e si accende il “fuoco” di idrogeno.**
(In altre parole, la fusione nucleare si sta preparando, come spiegato nel [Capitolo 10](#));
- 3. mentre l'idrogeno brucia in modo costante, la stella raggiunge la sequenza principale.**
(Descriverò questo stadio della vita di una stella nel paragrafo “Le stelle della sequenza principale: come godere di una lunga vita adulta”, più avanti in questo capitolo);
- 4. quando la stella esaurisce l'idrogeno del nucleo, si accende l'idrogeno presente nel guscio (un'area più ampia che circonda il nucleo);**

- 5. L'energia rilasciata dalla combustione dell'idrogeno rende la stella più luminosa e causa l'espansione, rendendone la superficie più grande, fredda e rossa. La stella è diventata una gigante rossa;**
- 6. gradualmente, il vento stellare proveniente dalla stella stessa strappa via gli strati esterni, che vanno a formare una nebulosa planetaria intorno al nucleo caldo rimanente;**
- 7. la nebulosa si espande dissipandosi e lasciando solo il nucleo caldo;**
- 8. il nucleo, ora diventato una nana bianca, si raffredda fino a scomparire per sempre.**

Le stelle con massa maggiore del Sole hanno cicli vitali differenti; invece di produrre nebulose planetarie e di morire come nane bianche, esplodono come supernove e si lasciano dietro una stella di neutroni o un buco nero. Il ciclo vitale di una stella massiva si sviluppa rapidamente; il Sole potrebbe vivere per 10 miliardi di anni, ma una stella con una massa iniziale 20 o 30 volte più grande di quella del Sole esploderà dopo appena pochi milioni di anni dalla nascita.

Le stelle che hanno una massa molto più piccola del Sole, invece, non hanno un ciclo vitale vero e proprio. Cominciano come YSO e, dopo aver raggiunto la sequenza principale, rimangono nane rosse per sempre. La spiegazione risiede in uno dei principi fondamentali dell'astrofisica: più grande è la massa, più velocemente e intensamente brucia l'idrogeno del nucleo; più piccola è la massa, meno intensa è la combustione dell'idrogeno, così la stella vive più a lungo.

Quando il Sole finirà di consumare il suo nucleo di idrogeno avrà come minimo 9 miliardi di anni. Una nana rossa, invece, brucia l'idrogeno così lentamente da brillare nella sequenza principale per sempre, ai fini pratici (la nana rossa esaurirebbe il suo combustibile in un intervallo di tempo molto più lungo dell'età attuale dell'universo, per cui tutte le stelle nane rosse mai esistite sono ancora nel pieno delle forze).

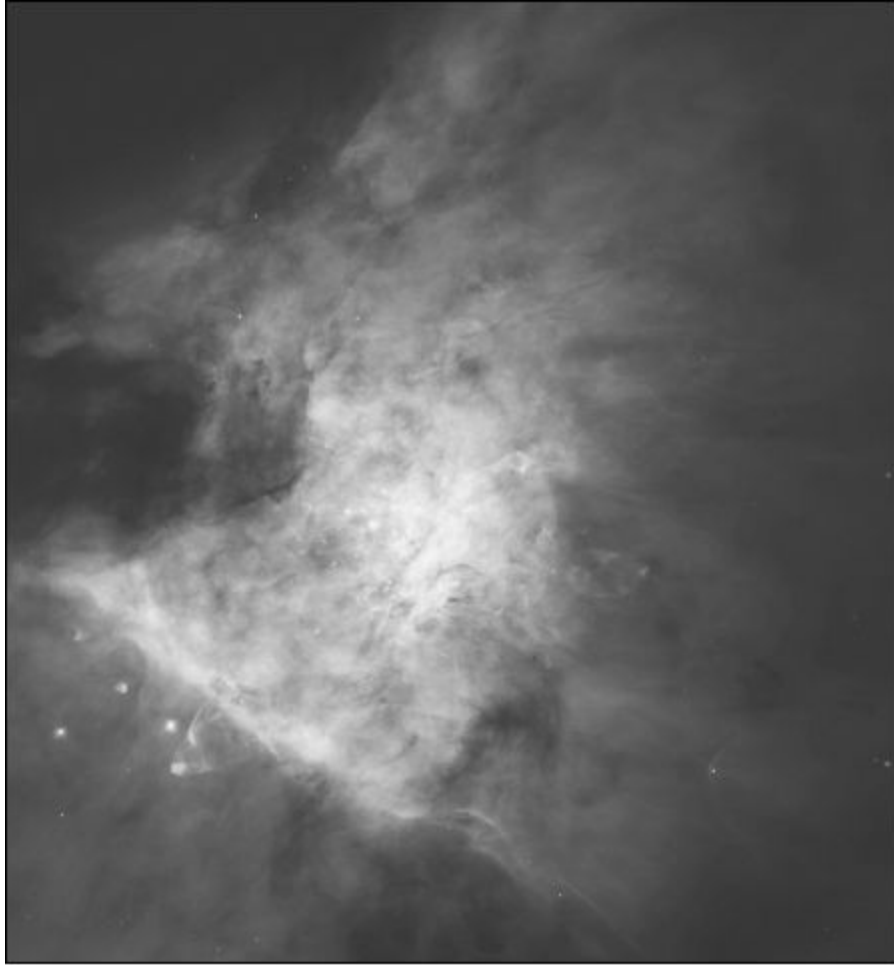
Il prossimo paragrafo descrive gli stadi stellari più dettagliatamente.

Un oggetto stellare giovane: la stella muove i primi passi

Gli oggetti stellari giovani (YSO) sono stelle appena nate ancora circondate dai resti delle nubi natali, oppure mostrano una scia residuale. Questa categoria include le *stelle T Tauri*, che prendono il nome dalla prima stella di questo tipo – la stella T nella costellazione del Toro – e gli *oggetti di Herbig-Haro*, che prendono il nome dai due astronomi che li classificarono (in realtà, gli H-H sono ammassi di gas luminescenti espulsi in direzione opposta a quella della giovane stella, solitamente nascosta alla vista dalle polveri della nube natale). Gli YSO si formano in nursery stellari, chiamate *regioni III*, come la nebulosa di Orione (vedi [Figura 11.1](#)), in cui negli ultimi 1 o 2 milioni di anni sono nate centinaia di stelle.

Molte immagini scattate dal telescopio spaziale Hubble ritraggono spettacolari nebulose a zampillo: sono foto di YSO. Gli spruzzi e il materiale residuo della nebulosa hanno il sopravvento, le stelle sono appena visibili, a volte per niente, nascoste dai gas e dalle polveri che le circondano (per maggiori informazioni sulle nebulose andate avanti al [Capitolo 12](#)).

Figura 11.1 La nebulosa di Orione, culla di molti oggetti stellari giovani.



Per concessione di C.R. O'Dell (Rice University) e della NASA.

Le stelle della sequenza principale: come godere di una lunga vita adulta

Le stelle della sequenza principale, compreso il nostro Sole, hanno dissipato le nubi natali e ora splendono grazie alla fusione nucleare dell'idrogeno in elio, in corso all'interno del nucleo (per approfondimenti sulla fusione nucleare all'interno del Sole, vedi [Capitolo 10](#)). Per ragioni storiche risalenti a quando gli astronomi classificavano le stelle senza ancora comprendere le varie differenze, le stelle della sequenza principale vengono dette *nane* anche quando hanno una massa dieci volte superiore al Sole.



Quando gli astronomi e gli scrittori di testi scientifici parlano di “stelle normali” si riferiscono in genere alle stelle della sequenza principale. Quando scrivono di “stelle di tipo solare” probabilmente stanno discutendo di stelle della sequenza principale con una massa circa uguale a quella del Sole, compresa tra la metà e il doppio. Infine, si trova spesso la distinzione tra stelle della sequenza principale, indipendentemente dalla loro massa, e stelle come le *nane bianche* o le *stelle di neutroni*.

Le stelle più piccole della sequenza principale, molto meno massive del Sole, sono le *nane rosse*, che emettono una debole luce rossa; hanno massa piccola, ma ne esiste un numero enorme, sono la maggioranza. Come minuscoli moscerini in riva al mare sono un po’ ovunque, ma non riusciamo quasi a vederle. La luce delle nane rosse è talmente debole che senza il telescopio non si riesce a vedere neanche Proxima Centauri, la stella conosciuta più vicina al Sole.

Le nane rosse sono talmente più piccole, meno massive e deboli delle stelle come il Sole che si sarebbe tentati di ignorarle. Tuttavia, come spiegato precedentemente in questo capitolo, una nana rossa vive per sempre, mentre stelle più massive, come il Sole, sono destinate a morire. Possiamo essere fieri del nostro Sole, ma a ridere per ultime saranno proprio le gracili nane rosse.

Le giganti rosse: bruciando gli anni d’oro

Le *giganti rosse* sono tutta un’altra storia rispetto alle nane rosse. Le giganti rosse sono molto più grandi del Sole, spesso all’equatore hanno un diametro grande quanto l’orbita di Venere o addirittura della Terra. Le giganti rappresentano lo stadio successivo nella vita di una stella di massa intermedia – cioè con una massa in un intervallo che va da una a diverse masse solari – dopo che ha concluso la sequenza principale (vedi il paragrafo precedente).

Le stelle più grandi sono le più sole

Nella ricerca di segnali di civiltà evolute, i ricercatori del SETI (per la ricerca di intelligenza extraterrestre, vedi [Capitolo 14](#)) non puntano certo i loro radiotelescopi in direzione di stelle massive. Infatti queste esplodono e muoiono dopo aver vissuto per così poco tempo, che gli scienziati non ritengono si possa sviluppare vita intelligente (o anche primitiva) su nessuno dei pianeti che le circondano, prima che giunga la fine.

Le stelle massive sono più rare delle piccole. Più grandi sono, meno ce ne sono. Perciò alla fine, invecchiando le stelle esistenti ed esaurendosi le nubi che generano stelle nuove, la Via Lattea sarà composta prevalentemente da due soli tipi di stelle: le nane rosse, che possono andare avanti praticamente per sempre, e le nane bianche, che svaniscono poco a poco. Certo, le stelle di neutroni e i buchi neri saranno presenti qua e là nella Via Lattea, tuttavia, essendo residui delle stelle più rare e massive, saranno numericamente insignificanti rispetto alle nane rosse e bianche, che derivano dai tipi più comuni tra le stelle della sequenza principale.

Una gigante rossa non brucia idrogeno nel nucleo; in realtà lo brucia in una regione sferica appena esterna al nucleo, che si chiama *guscio a combustione di idrogeno*. Una gigante rossa non può bruciare idrogeno nel suo nucleo perché la fusione nucleare ha già trasformato tutto l'idrogeno in elio.

Le stelle molto più massive del Sole non diventano giganti rosse; si gonfiano talmente tanto che gli astronomi le chiamano *supergiganti rosse*. Una supergigante rossa tipo può essere fino a 1.000 o 2.000 volte più grande del Sole e grande abbastanza per arrivare fino all'orbita di Giove o anche Saturno, se messa al posto del Sole.

Tempo scaduto: la coda dell'evoluzione stellare

Lo *stadio terminale dell'evoluzione stellare* è un termine generico per le stelle che da un bel po' si sono lasciate alle spalle i migliori anni.

Questa categoria include:

- ✓ le stelle centrali delle nebulose planetarie;
- ✓ le nane bianche;
- ✓ le supernove;
- ✓ le stelle di neutroni;
- ✓ i buchi neri.

Questi oggetti celesti sono stelle sulla strada del tramonto finale, destinate all'oblio.

Le stelle centrali delle nebulose planetarie

Le *stelle centrali delle nebulose planetarie* sono piccole stelle al centro (ma guarda un po'!) di un certo tipo nebulosa, piccola e graziosa (ammiratela nella galleria fotografica del libro!). Queste nebulose non hanno niente a che fare con i pianeti, il loro nome deriva solo dalle prime osservazioni al telescopio, quando le loro immagini apparivano come pianeti verdastri simili a Urano.

Le stelle centrali delle nebulose planetarie sono come le nane bianche, e in effetti si trasformano successivamente in nane bianche, così anch'esse sono i resti di stelle simili al Sole. Le nebulose, composte dai gas espulsi dalla stella nel corso di decine di migliaia di anni, si espandono, sbiadiscono e volano via. Alla fine si lasciano indietro stelle che non fanno più da centro a nulla, diventano soltanto nane bianche.

Le nane bianche

Le *nane bianche* in realtà possono essere bianche, gialle o persino rosse, dipende dal loro calore. Sono quel che rimane di stelle simili al Sole, e somigliano a quei vecchi generali che, secondo Douglas MacArthur, non muoiono mai, svaniscono.

Una nana bianca è come un pezzo di carbone incandescente di un fuoco appena spento, non brucia più, ma continua a emanare calore. È il tipo di stella più comune dopo le nane rosse, eppure anche la più vicina al Sole è troppo fioca per essere vista senza il telescopio.

Le nane bianche sono stelle compatte, piccole e molto dense, per esempio possono avere la stessa massa del Sole, ma con un volume pari alla Terra, o poco più. C'è così tanta materia concentrata in poco spazio che un cucchiaino di nana bianca peserebbe sulla Terra circa una tonnellata. Non cercate di prenderla con i vostri cucchiaini d'argento: si potrebbero rovinare.

Le supernove

Le *supernove* (che gli esperti chiamano *supernovae*, come se avessero studiato tutto latino al pari degli scienziati d'altri tempi) sono enormi esplosioni che distruggono intere stelle (vedi [Figura 11.2](#)). Ne esistono di molti tipi, ma ve ne presenterò solo i due principali.

Il primo che occorre conoscere è il Tipo II (proprio così, ma il sistema di numerazione non l'ho inventato io!). Una *supernova di Tipo II* è la luminosissima, catastrofica esplosione di una stella molto più grande, brillante e massiva del Sole. Prima di esplodere la stella era una supergigante rossa, forse addirittura così calda da essere una supergigante blu. Indipendentemente dal colore, quando una supernova esplode, potrebbe lasciarsi dietro un piccolo ricordino, cioè una stella di neutroni, oppure il grosso della stella potrebbe implodere (cadere all'interno del proprio centro) con tanta potenza da lasciarsi dietro un oggetto ancora più strano, un buco nero.

Il secondo tipo di supernova per importanza è chiamato Tipo Ia. Le *supernove di Tipo Ia* sono ancora più luminose di quelle di Tipo II, ed esplodono in maniera affidabile e regolare. Infatti la luminosità reale di una supernova di Tipo Ia è sempre la stessa; così, quando gli astronomi ne osservano una possono calcolare la distanza alla quale si trova in base alla luminosità apparente dalla Terra. Più la supernova è lontana più appare debole. Gli astronomi utilizzano le supernove di Tipo Ia per misurare l'universo e la sua espansione. Nel 1988, due gruppi di astronomi che studiavano le supernove di Tipo Ia scoprirono che l'espansione dell'universo non sta affatto rallentando, ma si sta espandendo a velocità sempre maggiore. Questa scoperta era l'esatto opposto delle convinzioni precedenti, e costrinse gli esperti a rivedere le teorie cosmologiche del Big

Bang e ad ammettere l'esistenza della misteriosa energia oscura (per l'energia oscura e il Big Bang, vedi [Capitolo 16](#)).

Le supernove di Tipo Ia producono esplosioni tutte simili perché deflagrano all'interno di sistemi binari (di cui si parlerà più avanti in questo capitolo), in cui i gas provenienti da una stella si dirigono verso l'altra (una nana bianca), generando uno strato esterno caldo che raggiunge la massa critica per poi esplodere distruggendo la nana bianca. Sotto la massa critica non ci sono esplosioni, invece; raggiunta la massa critica avviene un'esplosione standard. E, come vi potrete immaginare, oltre la massa critica... aspettate un momento, non si può andare oltre la massa critica! La stella è già esplosa! Bene, l'astrofisica non è poi così difficile, vero?

Gli esperti hanno dibattuto per anni sul tipo di stella binaria che produce una supernova di Tipo Ia. Secondo una delle teorie, le due stelle del sistema sono una nana bianca e una stella più grande, tipo il Sole. La nana bianca risucchia i gas dal suo partner più grande. Un'altra teoria ipotizza che entrambe le stelle del sistema binario siano nane bianche. A oggi, sembrerebbero corrette entrambe le teorie: alcune supernove derivano dal sistema stella grande/stella piccola, altre derivano da coppie di stelle uguali.

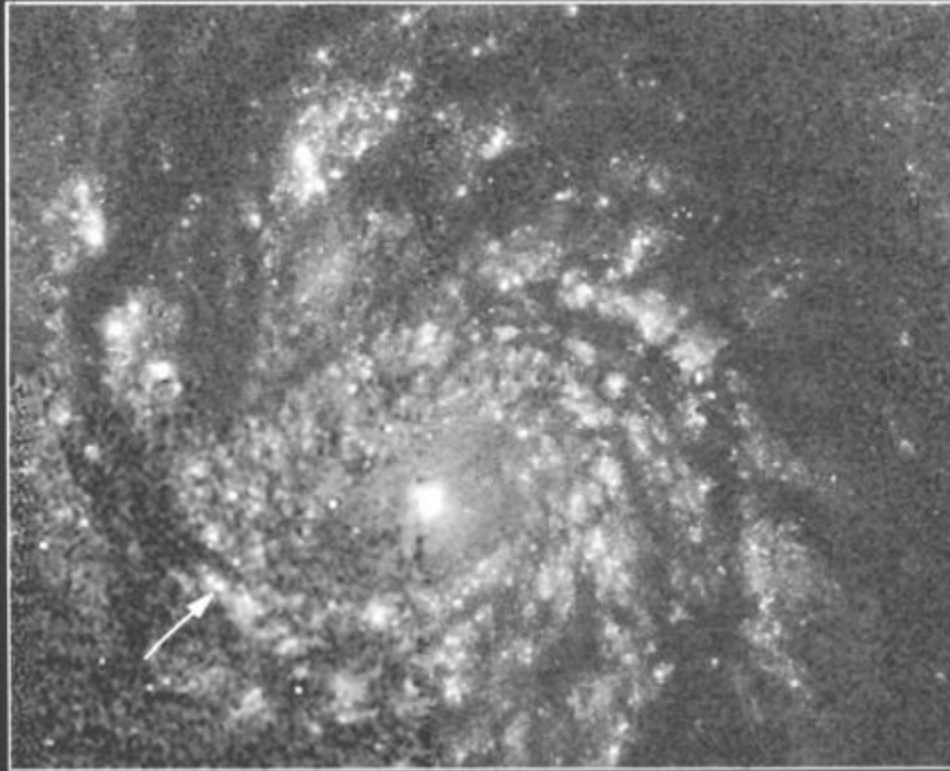
Le stelle di neutroni

Le *stelle di neutroni* sono ancora più piccole delle nane bianche, tuttavia pesano molto di più. O, per la precisione, hanno massa maggiore. Infatti, il peso è solo la forza esercitata da un pianeta o da un altro oggetto celeste su una data massa. Pur mantenendo la stessa massa, se ci trovassimo sulla Luna o su Giove avremmo un peso differente (a meno di non abbuffarci o di fare una drastica dieta).

Le stelle di neutroni sono come Napoleone: piccole di statura, ma da non sottovalutare (nella [Figura 11.3](#) è raffigurata una stella di neutroni). Una stella di neutroni tipo ha un diametro di soli 20 o 30 chilometri, ma la massa è pari alla metà o a volte anche al doppio di quella del Sole. Sulla Terra, un cucchiaino di materia proveniente da una stella di neutroni peserebbe circa un miliardo di tonnellate.

Figura 11.2 Una supernova nella galassia a spirale M51.

Supernova Near Nucleus of Galaxy M51



Hubble Space Telescope · Wide Field Planetary Camera 2

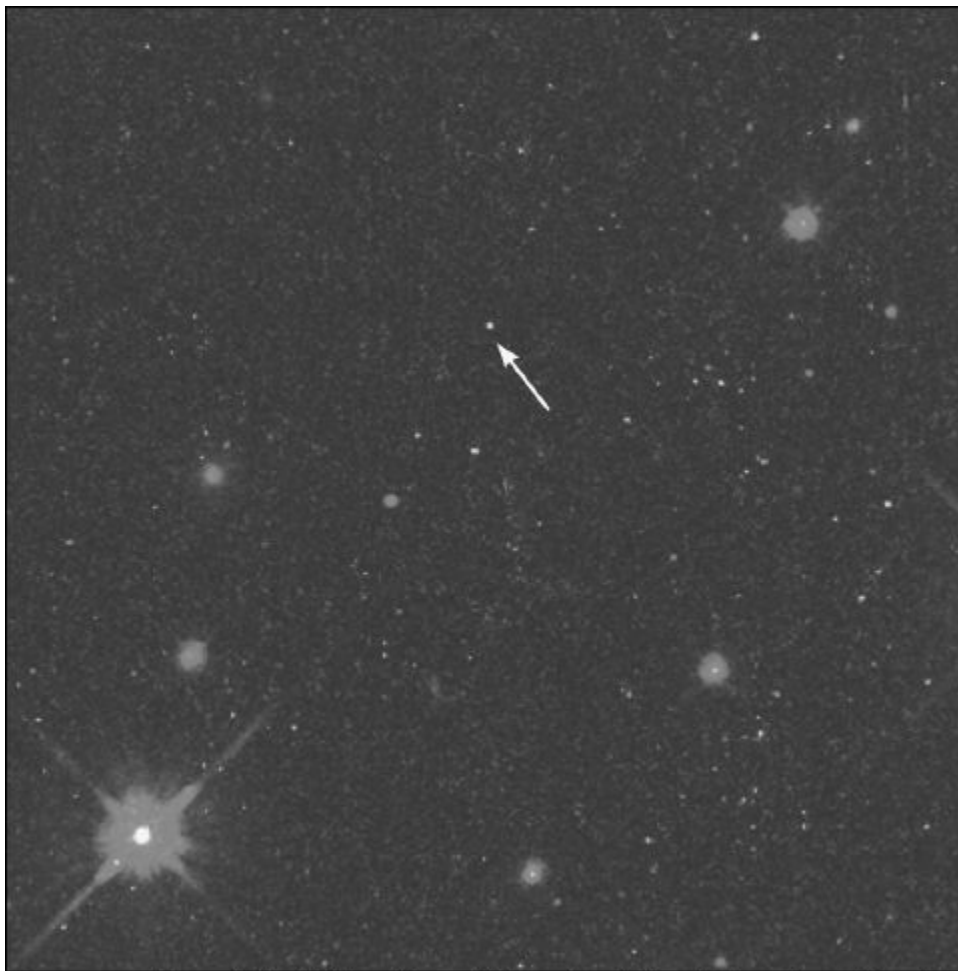
Per concessione della NASA.

Alcune stelle di neutroni sono conosciute con il nome di *pulsar*. Una pulsar è una stella di neutroni altamente magnetizzata, che gira su se stessa rapidamente emettendo uno o più fasci di radiazioni (che possono essere onde radio, raggi X, raggi gamma e/o luce visibile). Quando un fascio sfiora la Terra, come il faro di inaugurazione di un immenso supermercato galattico, i nostri telescopi ricevono brevi getti di radiazioni, che chiamiamo “impulsi”. Provate così a indovinare da dove viene fuori il nome delle pulsar: come la frequenza delle pulsazioni cardiache indica la velocità a cui batte il cuore, la frequenza di una pulsar indica la sua velocità di rotazione. Questa frequenza può essere di alcune centinaia di volte al secondo oppure di una sola volta ogni pochi secondi.

Buchi neri

I *buchi neri* sono oggetti così densi e compatti che in confronto le nane bianche e le stelle di neutroni sono batuffoli di cotone. In un buco nero c'è così tanta materia immagazzinata in uno spazio talmente piccolo che la gravità è abbastanza forte da impedire l'allontanamento di qualsiasi cosa, luce compresa. I fisici sostengono che l'interno di un buco nero sia a tutti gli effetti un luogo al di fuori del nostro universo. Se cadete in un buco nero, dite addio al vostro caro mondo conosciuto.

Figura 11.3 Una stella di neutroni (indicata dalla freccia) fotografata dal telescopio spaziale Hubble.



Per concessione di Fred Walter (State University di New York at Stony Brook) e della NASA.

Non si può vedere la luce di un buco nero perché non può uscirne, ma gli scienziati riescono a individuare i buchi neri dagli effetti indotti sugli oggetti celesti circostanti. Nelle vicinanze di un buco nero la materia

diventa calda e corre qua e là, ma senza mai organizzarsi; invece, la potente gravità del buco nero attira la materia dentro di sé, e allora: “Chi s’è visto, s’è visto”, letteralmente.

In realtà sto molto semplificando; un po’ della materia che gira attorno a un buco nero riesce a sfuggire, a volte appena in tempo. Il buco la spara fuori in potenti getti in moto con una velocità significativa, anche se non è quella della luce (che nel vuoto spaziale vale 300.000 chilometri al secondo).

Ecco come gli scienziati individuano i buchi neri:

- ✓ intorno a loro circola del gas che è troppo caldo per trovarsi in condizioni normali;
- ✓ getti di particelle ad alta energia riescono a scappare evitando di cadere nel buco nero;
- ✓ le stelle corrono lungo le proprie orbite a una velocità strabiliante, guidate dall’attrazione gravitazionale di un enorme oggetto invisibile.



Gli astronomi hanno raccolto prove dell’esistenza di due tipi di buchi neri e hanno prove limitate, ma in aumento, anche di un terzo tipo:

- ✓ **buchi neri di massa stellare:** come potete indovinare, questi buchi neri hanno la massa di una stella. Più precisamente, variano da tre a più di cento masse solari, anche se gli astronomi non ne hanno mai trovato uno così pesante. Le dimensioni sono circa uguali a quelle di una stella di neutroni: così, un buco nero con dieci masse solari ha un diametro di circa 60 chilometri. Il che significa che se potessimo restringere il Sole fino a farlo diventare un buco nero (fortunatamente è quasi impossibile), il suo diametro sarebbe di 6 chilometri. I buchi neri di massa stellare si formano con le esplosioni delle supernove, e forse anche con altre modalità poco note;

- ✓ **buchi neri supermassivi:** questi mostri hanno una massa compresa tra le centinaia di migliaia fino a 20 miliardi di masse solari (potete vederne degli esempi nella [Tabella 11.1](#), “Misurazioni dei buchi neri”). In generale, i buchi neri supermassivi si trovano al centro delle galassie. Vorrei poter dire che “gravitano nel centro”, ma molto probabilmente si formano nel centro, o le galassie si formano intorno. La Via Lattea ha un buco nero centrale conosciuto come Sagittarius A*, dove l’asterisco non si riferisce a una nota a piè di pagina, il nome si pronuncia esattamente: “Sagittarius A asterisco”. La sua massa è di circa 4 milioni di masse solari, e il sistema solare orbita intorno a quel buco nero una volta ogni 226 milioni di anni, secondo l’ultimo valore calcolato dal Very Long Baseline Array, un radiotelescopio composto da antenne che attraversano gli Stati Uniti dalle Isole Vergini fino alle Isole Hawaii. Gli astronomi sostengono che ci sia un buco nero al centro di ogni galassia, o perlomeno di quelle di dimensioni normali. Per le galassie nane non si hanno dati certi (gli approfondimenti sulle galassie sono nel [Capitolo 12](#)).

Quando parlo delle dimensioni di un buco nero, mi riferisco al diametro del suo *orizzonte degli eventi*. L’orizzonte degli eventi è la superficie che circonda un buco nero, sulla quale la velocità necessaria a un oggetto per sfuggire al buco nero è pari a quella della luce. Al di fuori dell’orizzonte degli eventi la velocità di fuga è minore, per cui materia leggera o super veloce riesce a sfuggire.

- ✓ **Buchi neri di massa intermedia (Intermediate Mass Black Holes, IMBH):** gli IMBH sono una classe di buchi neri ancora poco conosciuta, praticamente gli astronomi non sanno cosa siano. Si stima che la loro massa sia compresa tra alcune centinaia fino a più di diecimila masse solari. Un IMBH ha più massa di qualunque altra stella conosciuta, perciò probabilmente non si è formato dal collasso di una singola stella (come si formano i buchi neri di massa stellare). D’altro canto, gli IMBH si trovano al di fuori delle regioni centrali delle galassie, mentre invece i buchi neri supermassivi risiedono sempre nel centro delle galassie, dove si sono sicuramente formati. Perciò gli IMBH non si formano dove si formano i buchi neri supermassivi, né con il collasso di una stella, come i buchi neri di massa stellare. E allora come nasce un buco nero di massa intermedia?

So che le vostre menti curiose vorrebbero saperlo, ma se non ve lo dico non cercate la risposta su una rivista di cruciverba!

A essere sinceri, i buchi neri supermassivi non sono stelle, e nemmeno quelli di massa intermedia. Però, a un certo punto dovevo pur parlarne! E siccome non ci si può definire astronomi se non si sa nulla dei buchi neri (per informazioni ancora più dettagliate vedi [Capitolo 13](#)), quando vi farete passare per astronomi la gente vi farà ogni sorta di domande sui buchi neri. Ma, potete stare tranquilli: quante domande pensate vi possano fare sulle stelle della sequenza principale o sugli oggetti stellari giovani?

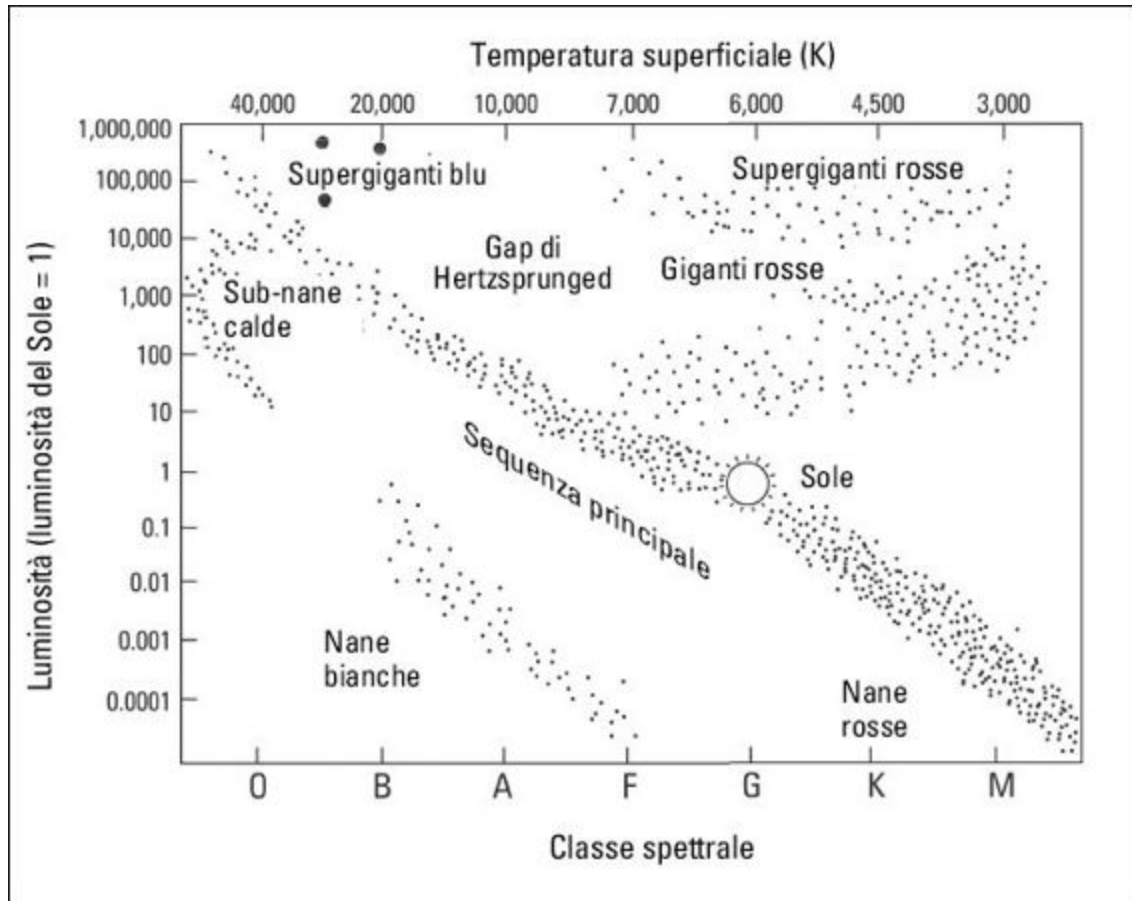
Colore, luminosità e massa di una stella

Il significato dei diversi tipi di stelle (vedi “Un ciclo vitale infuocato e massiccio” in questo capitolo), diventa più chiaro se si guarda un grafico con i dati delle osservazioni astrofisiche, mettendo la magnitudine (o luminosità) della stella sull’asse verticale, e il colore (o temperatura) sull’asse orizzontale. Questo tipo di grafico si chiama *diagramma coloremagnitudine* o anche *diagramma di Hertzsprung-Russell* (o *diagramma H-R*), dal nome dei due astronomi che lo inventarono (vedi [Figura 11.4](#)).

Tipi spettrali: di che colore è la mia stella?

Hertzsprung e Russell non avevano informazioni molto affidabili sulla temperatura, o colore, delle stelle, per cui sull’asse orizzontale del loro grafico decisero di mettere la *classe spettrale* delle stelle, detta anche *tipo spettrale*. La classe spettrale è un parametro assegnato a una stella in base al suo spettro, che è il modo in cui la luce di una stella appare quando viene scomposta da un prisma o da un altro dispositivo ottico all’interno di uno strumento chiamato *spettrografo*.

Figura 11.4 Il diagramma di Hertzsprung-Russell mostra la luminosità di una stella e la sua temperatura.



Inizialmente, gli astronomi non avevano idea di cosa rappresentassero le classi spettrali, perciò si limitarono a raggruppare le stelle (in categorie chiamate Tipo A, Tipo B ecc.) in base alle somiglianze dei loro spettri. Più tardi alcuni astronomi si resero conto che le classi spettrali rappresentano sia la temperatura sia altre caratteristiche fisiche dell'atmosfera delle stelle, da cui la luce che emanano nello spazio è influenzata. Compreso finalmente il significato dei colori, gli scienziati organizzarono i tipi spettrali in ordine di temperatura, come sono riportati da Hertzsprung e Russell sul loro diagramma. Alcune delle classi originali sono state considerate superflue e così abbandonate.

Partendo dalle stelle più calde a quelle più fredde, le principali classi spettrali di un diagramma HR sono O, B, A, F, G, K e M. Gli studenti utilizzano dei trucchetti mnemonici per aiutarsi a ricordare questa sequenza, in America, per esempio, si usa la frase: “Oh, Be A Fine Girl (Guy), Kiss Me.”

La [Tabella 11.1](#) descrive le proprietà generali delle stelle di ciascun tipo spettrale.

Tabella 11.1		Le classi spettrali delle stelle	
<i>Classe</i>	<i>Colore</i>	<i>Temperatura di superficie</i>	<i>Esempio</i>
O	Blu	30.000 °K o più	Lambda Orionis
B	Azzurro	Da 12.000 °K a 30.000 °K	Rigel
A	Bianco	Da 8.000 °K a 12.000 °K	Sirio
F	Giallo-bianco	Da 6.000 °K a 8.000 °K	Procione
G	Giallo	Da 5.000 °K a 6.000 °K	Sole
K	Arancione	Da 3.000 °K a 5.000 °K	Arturo
M	Rosso	Meno di 3.000 °K	Antares

Dati espressi in gradi Kelvin, 1 °K = -273,15 °C

La luce delle stelle: classificare la luminosità

Le classi spettrali O, B, A, F, G, K e M hanno ulteriori suddivisioni indicate da numeri arabi, utilizzate dagli astronomi per classificare le stelle più dettagliatamente.

Per ogni lettera del tipo spettrale ci sono fino a dieci sottogruppi: per esempio le stelle G includono dieci sottoclassi, da G0 a G9. Più la stella è calda, minori sono le sottoclassi. Il tipo spettrale del Sole è G2, mentre Beta Aquilae (presente nella [Tabella 11.1](#)) ha classe G8. In altre parole, il Sole è più caldo di Beta Aquilae, che è abbastanza fredda da rientrare quasi nel tipo spettrale K.

Vi spiego tutto questo in modo che, cercando stelle come il Sole o Beta Aquilae sui libri di astronomia (o anche altrove, per esempio su Internet), sarete in grado di riconoscerete e capire la classificazione del Sole come G2 o di Beta Aquilae come G8.

Ma non è finita, c'è di più: alcuni testi utilizzano solo G2 e G8 per classificare queste due stelle, mentre altri aggiungono un'altra classificazione, di solito indicata con numeri romani. Per cui potrete trovare il Sole classificato come stella G8 V e Beta Aquilae come G8 IV. Gli astronomi utilizzano i numeri romani per classificare una stella per *classe di luminosità*.

La classe spettrale, come G2, si riferisce alla temperatura di una stella, mentre le classi di luminosità, come IV o V, ne rappresentano la dimensione e anche la densità media (perché le stelle più grandi di solito hanno una densità minore di quelle più piccole). Troverete una suddivisione delle stelle in base alla luminosità e densità nella [Tabella 11.2](#).

Tabella 11.2 **Le classi di luminosità delle stelle**

<i>Classe</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Esempio</i>
I	Supergigante	Rigel
II	Gigante brillante	Gamma Aquilae
III	Gigante	Aldebaran
IV	Subgigante	Beta Aquilae
V	Nana della sequenza principale	Rigel Kentaurus
D	Nana bianca	Sirio B

Potrete occasionalmente trovare una stella classificata con classe di luminosità Ia o Ib: la prima individua le supergiganti più luminose, la seconda quelle meno luminose. In ogni caso, una supergigante è sempre più luminosa di una stella appartenente alle altre classi.



La *D* che indica la classe di luminosità delle nane bianche potrebbe essere confusa con il numerale romano D, ma in realtà è soltanto l'abbreviazione del termine inglese per "Nana"

(Dwarf). E adesso che padronegiate le classi spettrali e di luminosità potete scrivere una V di vittoria, anche se un astrofisico potrà confonderla con la V di una stella della sequenza principale.

Più brillano bruciando, più grosse diventano: la massa determina la classe

Il nucleo di una stella di massa maggiore contiene più combustibile nucleare e produce più energia di una stella di massa più piccola; lo stesso avviene anche all'interno della sequenza principale. Di solito le stelle più massive sono anche le più grandi. Grazie a queste informazioni potete comprendere un punto fondamentale dell'astrofisica stellare rispecchiato dal diagramma H-R: la massa determina la classe.

Sul diagramma H-R (vedi [Figura 11.4](#)) la luminosità maggiore si trova in alto nel grafico, mentre la classe spettrale è rappresentata con le stelle più calde a sinistra e le più fredde a destra. La temperatura cresce da destra a sinistra, la luminosità dal basso all'alto e il numero di magnitudine dall'alto al basso.

Sul diagramma H-R, la rappresentazione dei dati delle osservazioni reali, in cui a ogni punto corrisponde una singola stella, può rivelare molto al lettore attento:

- ✓ la maggior parte delle stelle si trova su una striscia che corre diagonalmente da sinistra in alto a destra in basso. Questa striscia diagonale rappresenta la sequenza fondamentale, e tutte le stelle che vi appartengono sono *stelle normali* come il Sole, che bruciano idrogeno nel loro nucleo;
- ✓ alcune stelle si trovano su una striscia quasi verticale più ampia e rada che si estende un po' sopra e a destra della fascia diagonale, verso luminosità maggiori e temperature minori. Questa striscia è la *sequenza gigante*, costituita da giganti rosse;

- ✓ un piccolo numero di stelle si trova in cima al diagramma, da sinistra a destra. Sono le supergiganti; le supergiganti blu si trovano nella parte sinistra del diagramma, più o meno, e le supergiganti rosse (che sono molto più numerose) in quella destra;
- ✓ alcune stelle si trovano molto più in basso della striscia diagonale, alla base del diagramma a sinistra e in centro. Queste stelle sono le nane bianche.

Gli astronomi rappresentano una stella di sequenza principale sul diagramma basandosi sulla sua luminosità e temperatura, ma entrambe dipendono esclusivamente dalla massa. L'andamento diagonale della sequenza principale rappresenta il passaggio da stelle massicce a stelle più leggere, quelle più in alto a sinistra hanno massa maggiore del Sole, quelle più in basso a destra, minore.

Di solito gli astronomi non rappresentano gli oggetti stellari giovani sullo stesso diagramma H-R delle altre stelle, ma se lo facessero occuperebbero il lato destro del diagramma, sopra la sequenza principale, ma mai in alto quanto le supergiganti. Mentre le stelle di neutroni e i buchi neri non sono abbastanza luminosi per poter essere rappresentati sullo stesso diagramma H-R delle stelle normali.

Il diagramma H-R

Con qualche altro approfondimento potrete diventare anche voi astrofisici in grado di comprendere in un istante perché le stelle si trovano in punti diversi sul diagramma H-R. E vi sto servendo su un piatto d'argento qualcosa che i ricercatori hanno impiegato anni per capire. Per farla semplice, utilizzerò un diagramma H-R calibrato, sul quale tutte le stelle sono rappresentate con la loro luminosità reale.

Poniamoci la seguente domanda: perché una stella brilla più di un'altra? La luminosità di una stella è determinata da due semplici fattori: la temperatura e la superficie. Più la stella è grande, più la superficie è estesa; poiché ogni metro quadro emette luce, più metri quadri ci sono, maggiore è la luce. Per quanto riguarda la quantità di luce emessa da un determinato metro quadro, gli oggetti caldi bruciano più luminosamente di quelli freddi, per cui tanto

più una stella è calda quanto più luce produce per ogni suo metro quadro di superficie.

Semplice vero? Non resta che comporre assieme tutti i pezzi del puzzle:

- ✓ le **nane bianche** stanno vicino al fondo del diagramma perché sono piccole. Con pochi metri quadri di superficie (rispetto a stelle tipo il Sole), le nane bianche non brillano altrettanto intensamente. A mano a mano che svaniscono, come vecchi generali, si spostano sempre più in basso sul diagramma (perché diventano sempre più deboli) e più a destra (perché diventano sempre più fredde). Sulla destra del diagramma non si vedono molte nane bianche perché la maggior parte di quelle più fredde è così fioca da trovarsi al di sotto del diagramma, così come viene solitamente stampato nei testi;
- ✓ le **supergiganti** si trovano in cima al diagramma di H-R perché sono molto grandi. Una supergigante rossa può essere anche più di 1.000 volte il Sole (mettendo una supergigante al posto del Sole, si estenderebbe oltre l'orbita di Giove). Naturalmente, con tutta questa superficie a disposizione, una supergigante è molto luminosa. Il fatto che le supergiganti si trovino più o meno tutte alla stessa altezza del diagramma da sinistra a destra significa che le supergiganti blu (che stanno a sinistra) sono un po' più piccole di quelle rosse (che si trovano a destra). Come facciamo a saperlo? Le supergiganti sono blu perché sono più calde, e quindi producono più luce per metro quadro. Tuttavia, essendo la loro magnitudine più o meno costante, le giganti rosse devono avere una superficie maggiore per produrre la stessa quantità di luce (emettendo meno luce per metro quadro);
- ✓ le stelle della **sequenza principale** si trovano sulla striscia che percorre il diagramma dall'angolo in alto a sinistra a quello in basso a destra perché sono tutte stelle che bruciano idrogeno nel nucleo, indipendentemente dalle loro dimensioni. Tuttavia, la loro dimensione influisce sul punto in cui esse compaiono nel diagramma H-R. Le stelle della sequenza principale più calde (che sono sulla sinistra del diagramma) sono anche più grandi di quelle fredde, per cui hanno due caratteristiche peculiari: superfici più ampie e maggiore luce per metro

quadro rispetto alle stelle più fredde. Le stelle della fascia principale che si trovano all'estrema destra sono fredde nane rosse.

Le nane brune non sono in cima alla classifica

Le nane brune, scoperte verso la metà degli anni Novanta, sono un'aggiunta recente all'inventario celeste. Sono più piccole e meno massive delle stelle, grandi più o meno quanto un pianeta gigante tipo Giove, ma molto più massive di questo (la massa di una nana bruna può essere da 13 a 70 volte quella di Giove). Brillano di luce propria, come le stelle, e non di luce riflessa, come Giove. Le nane brune non sono stelle vere e proprie perché la fusione nucleare è attiva nel loro nucleo solo per un breve periodo. Terminata la fusione, le nane brune non generano più energia, raffreddandosi fino a scomparire. Le loro classi spettrali vanno dall'estremità fredda del tipo M ai successivi più freddi, L e T (gli astronomi sospettano l'esistenza di nane brune ancora più fredde; se fosse così, apparterebbero alla classe spettrale Y). Sul diagramma H-R della [Figura 11.4](#), le nane brune si possono collocare in basso all'estrema destra o addirittura fuori dalla mappa.

Partner fedeli: stelle binarie e multiple

Due, tre o più stelle in orbita intorno a un centro di massa comune vengono definite *stelle binarie* o *stelle multiple*. Lo studio delle binarie e delle multiple aiuta gli scienziati a capire come le stelle si evolvono. Questi piccoli sistemi stellari sono divertenti da osservare anche con un piccolo telescopio domestico.

Le stelle binarie e l'effetto Doppler

Quasi la metà delle stelle viaggiano in coppia. Le stelle binarie sono quasi sempre *coeve*, un termine poco usato che significa "nate insieme". E le stelle che nascono insieme, unite dalla reciproca gravità mentre si

condensano dalle nubi natali, di solito restano insieme. Raramente quello che la gravità unisce può essere separato da altre forze celesti.

Una stella adulta di un sistema binario non ha mai avuto, o quasi mai, un altro partner: esistono casi sporadici, che avvengono in ammassi stellari densi, in cui alcune stelle si avvicinano tanto da poter perdere o acquisire un partner.

Un *sistema binario* consiste di due stelle che orbitano intorno a un comune *centro di massa*. Se le due stelle hanno la stessa massa, il centro di massa sarà esattamente a metà strada. Ma se una delle due stelle ha massa doppia dell'altra il centro di massa sarà più vicino alla stella più pesante; in effetti il centro di massa sarà lontano il doppio dalla stella più leggera rispetto alla stella più pesante. Se una stella ha una massa che è un terzo di quella dell'altra, la sua orbita sarà tre volte più distante dal centro di massa e così via. Le due stelle sono come bambini su un dondolo: il più pesante deve stare seduto più vicino al centro per mantenere l'equilibrio.

Le stelle binarie di massa uguale seguono orbite di pari lunghezza, viceversa, masse diverse comportano orbite di lunghezza diversa. Il componente più pesante percorre la traiettoria più corta. Si potrebbe pensare che, come nel sistema solare, più un'orbita è piccola e più un pianeta è veloce, visto che impiega minor tempo a completare la rivoluzione, ma non è così. Nei sistemi binari, la stella più grande sull'orbita minore viaggia più lentamente rispetto alla stella minore sull'orbita più grande. In effetti, la velocità dipende dalla massa: una stella con massa un terzo della compagna si muove al triplo della velocità, e perciò, misurando le velocità orbitali, gli astronomi determinano le masse relative dei componenti del sistemi.

Proprio questa caratteristica, la dipendenza delle velocità orbitali dalle loro masse, rende le stelle binarie molto interessanti per gli astronomi. Se una stella ha una massa tre volte maggiore dell'altra, si muove lungo l'orbita a una velocità che è un terzo della compagna: così, gli astronomi devono calcolare soltanto le velocità per stabilire le masse relative delle due stelle (cioè quanto una stella è più massiva dell'altra). Però, gli astronomi riescono a seguire la traiettoria delle stelle binarie solo di rado, spesso è impossibile da vedere, dal momento che la maggior parte dei sistemi binari si trova in posizioni molto lontane da noi. Per fortuna, invece di arrendersi,

gli astronomi sono stati in grado di misurare le masse stellari studiando la luce proveniente dai sistemi binari e analizzandone lo spettro, che può essere costituito dalla luce combinata di entrambe le stelle del sistema.

Un fenomeno chiamato *effetto Doppler* aiuta gli astronomi che studiano gli spettri delle stelle binarie a calcolare le loro masse.

Ecco tutto quello che dovete sapere sull'effetto Doppler, che prende il nome da Christian Doppler, il fisico austriaco del XIX secolo, la frequenza, o lunghezza d'onda, del suono o della luce percepita da un osservatore cambia a seconda della velocità della sorgente rispetto all'osservatore stesso. Nel caso del suono, la fonte potrebbe essere il fischio di un treno. Per la luce, la fonte potrebbe essere una stella (i suoni ad alta frequenza hanno una tonalità più alta; un soprano ha una tonalità più alta di un tenore). Le onde luminose ad alta frequenza hanno una lunghezza d'onda minore, e quelle a bassa frequenza hanno una lunghezza d'onda maggiore. Nel caso più semplice della luce visibile, le onde più corte sono blu e quelle più lunghe sono rosse.

Secondo l'effetto Doppler:

- ✓ quando la sorgente si muove verso di noi, la frequenza percepibile o misurabile diventa più alta, cioè:
 - la tonalità del fischio del treno sembra più alta;
 - la luce della stella sembra più blu;
- ✓ quando la sorgente si allontana, la frequenza si abbassa, perciò:
 - il fischio che sentiamo ha una tonalità più bassa;
 - la stella sembra più rossa.

Il fischio del treno (o la sirena di un'autoambulanza) è l'esempio canonico utilizzato da tutti gli insegnanti per spiegare l'effetto Doppler a generazioni di studenti, spesso riluttanti. Ma chi sente più il fischio di un treno, ormai? Un'analogia più moderna è quella della percezione delle onde circostanti mentre sfrecciate su una barca a motore. Mentre viaggiate nella direzione di provenienza delle onde sentite come facciano beccheggiare violentemente la barca. Ma quando tornate verso la riva il beccheggio è più lieve e le onde meno increspate. Nel primo caso vi muovevate verso le onde, incontrandole

prima di quanto non sarebbe avvenuto se foste rimasti fermi. La frequenza con cui le onde colpivano la barca era maggiore rispetto al caso della barca ferma. La frequenza delle onde non cambia, ma la frequenza da voi percepita sì.

Lo spettro delle stelle contiene delle linee scure, cioè lunghezze d'onda o colori in cui la stella non emette luce come nelle regioni adiacenti. Questa diminuzione è causata dall'assorbimento della luce da parte di atomi di tipo particolare presenti nell'atmosfera della stella. Le linee scure formano schemi riconoscibili, e mentre una stella si muove avanti e indietro lungo la sua orbita, l'effetto Doppler fa spostare queste linee avanti o indietro sullo spettro percepito dalla Terra. Quando le linee spettrali si spostano verso lunghezze d'onda maggiori si ha il fenomeno del *redshift*. Quando si spostano verso lunghezze d'onda minore si ha il *blueshift*. Esistono anche altre cause per questi fenomeni, ma l'effetto Doppler rimane quella principale.

Così, osservando lo spettro delle stelle binarie e lo spostamento delle loro linee spettrali dal rosso al blu e viceversa, mentre le stelle percorrono l'orbita, gli astronomi sono in grado di determinarne le velocità e di conseguenza anche le masse relative. Inoltre, osservando il tempo impiegato da una linea spettrale per arrivare dal limite rosso al limite blu e ritorno, gli astronomi possono stabilire la durata o periodo dell'orbita della stella binaria.

Se, per esempio, sappiamo che il periodo di un'orbita completa è di 60 giorni, e sappiamo anche a che velocità si muove la stella, possiamo determinare la lunghezza dell'orbita e così anche il raggio relativo. Infatti, se guidiamo senza fermarci da Torino a un'altra città del Nord Italia a 60 km/h e impieghiamo tre ore (traffico permettendo!), sappiamo che la distanza percorsa è di 3×60 , cioè 180 chilometri.

Due stelle formano un sistema binario, ma tre sono una folla: le stelle multiple

Le *stelle doppie* sono due stelle che appaiono vicine, se osservate dalla Terra. Alcune stelle doppie sono autentiche binarie, orbitando intorno al

centro di massa comune. Ma altre sono soltanto *binarie ottiche*, cioè due stelle che si trovano più o meno nella stessa direzione rispetto alla Terra ma a distanze molto diverse. Non c'è nessuna relazione fra loro, neppure si conoscono.

Le *stelle triple* sono tre stelle che sembrano vicine ma, come i membri di una stella doppia, potrebbero anche non esserlo nella realtà. Invece, un *sistema stellare triplo*, come uno binario, è composto da tre stelle tenute insieme dalle reciproche forze di gravità che orbitano intorno a un centro di gravità comune.

Il paragone con la felicità coniugale (e anche non coniugale) non è poi così fuori luogo. “Tre sono una folla” è un modo di dire che fa riferimento all'instabilità che si crea nelle situazioni romantiche in cui è coinvolta una terza persona. La stessa cosa accade con i sistemi stellari tripli: sono composti da una coppia vicina o sistema binario e da una terza stella che percorre un'orbita molto più ampia. Se tutte e tre le stelle si muovessero lungo orbite vicine, l'interazione gravitazionale diverrebbe caotica conducendo al disfacimento del gruppo, con l'allontanamento definitivo di almeno una stella. Così, un sistema triplo è in realtà un sistema binario in cui un componente è costituito da una coppia di stelle molto vicine.

Le *stelle quaduple* sono spesso delle “doppie doppie”, composte da due sistemi di stelle binarie che ruotano tutte intorno al centro di massa comune alle quattro stelle.

Stelle multiple è un'espressione che indica tutti i sistemi stellari più grandi di quello binario: tripli, quadrupli e maggiori. Ma aumentando il numero di stelle a un certo punto la differenza tra un sistema stellare multiplo e un ammasso di stelle si fa confusa e le cose diventano essenzialmente uguali (parlerò degli ammassi stellari nel [Capitolo 12](#)).



La spettroscopia stellare in poche parole

La spettroscopia stellare, cioè l'analisi delle righe presenti nello spettro di una stella, è di gran lunga lo strumento più importante a disposizione degli astronomi per analizzare la natura fisica di una stella. La spettroscopia rivela:

- ✓ la velocità radiale (movimento verso o lontano dalla Terra) delle stelle;
- ✓ le masse relative, i periodi orbitali e le dimensioni dell'orbita di un sistema binario;
- ✓ le temperature, la densità atmosferica e la gravità di superficie di una stella;
- ✓ i campi magnetici e la loro forza sulle stelle;
- ✓ la composizione chimica delle stelle (quali atomi sono presenti e in quale stato fisico si trovano);
- ✓ il ciclo delle macchie solari delle stelle (o meglio delle macchie stellari).

Tutte queste informazioni provengono dalla misura della posizione, dell'ampiezza e della forza, cioè da quanto sono scure o chiare, le piccole righe scure, o a volte chiare, presenti nello spettro delle stelle. Gli scienziati le analizzano con l'aiuto dell'effetto Doppler per scoprire la velocità del moto stellare, la dimensione dell'orbita e le masse relative. Altri fenomeni influenzano l'aspetto delle righe spettrali, come l'effetto Zeeman e l'effetto Stark. Applicando la fisica di questi effetti, gli astronomi sono in grado di calcolare la forza del campo magnetico della stella (tramite l'effetto Zeeman) e di determinare la densità e la gravità di superficie dell'atmosfera della stella (tramite l'effetto Stark). La presenza stessa di righe spettrali particolari – ognuna delle quali riconducibile a una specie atomica specifica presente nell'atmosfera della stella, che assorbe o emette luce (rispettivamente righe scure e chiare) – fornisce all'astronomo indicazioni su alcuni degli elementi chimici presenti e sulla temperatura stellare.

Le righe spettrali, addirittura, dicono agli astronomi la condizione o lo stato di ionizzazione in cui si trovano gli atomi. Le stelle sono così calde che il calore potrebbe privare un atomo, per esempio di ferro, di

uno o più elettroni, trasformandolo in ione ferro. Ogni tipo di ione ferro, a seconda di quanti elettroni ha perso, produce sullo spettro righe con posizioni e schemi specifici. Confrontando lo spettro delle stelle registrato dai telescopi con quello degli elementi chimici negli esperimenti di laboratorio o con le simulazioni al computer, gli astronomi sono in grado di analizzare una stella senza neppure avvicinarsi neanche di un misero anno luce.

Nei gas stellari freddi, la maggior parte del ferro perde un solo elettrone per atomo, producendo lo spettro di uno ione di ferro singolarmente ionizzato. Ma nella parte più calda delle stelle, come nella corona solare con i suoi milioni di gradi, il ferro può perdere anche dieci elettroni; l'elemento si trova così in uno stato altamente ionizzato, producendo la configurazione corrispondente di righe spettrali, che così rivela chiaramente l'esistenza di una zona dalla temperatura molto elevata.

Alcune parti dello spettro solare cambiano con il verificarsi delle perturbazioni note come macchie solari, che raggiungono il picco di attività ogni 11 anni circa (come spiegato nel [Capitolo 10](#)). Variabilità simili si riscontrano anche nello spettro di altre stelle simili al Sole. Gli astronomi sono perciò in grado di stabilire la lunghezza del ciclo delle macchie di una stella distante utilizzando la spettroscopia, anche quando la stella è troppo lontana per poterle vedere realmente.

Cambiare fa bene: le stelle variabili

Le stelle non sono tutte “costanti come la Stella Polare”, come scrisse Shakespeare. In realtà, nemmeno la Stella Polare è costante, è anch'essa una stella variabile, dal momento che la sua luminosità varia nel tempo. Per molti anni gli studiosi hanno creduto di avere sotto controllo i cambiamenti di luminosità della Stella Polare: infatti sembrava brillare un po' di più e poi un po' di meno, ma regolarmente. Poi, all'improvviso, gli attesi cambiamenti... cambiarono. Questa differenza nello schema di variazione può rivelare un cambiamento fisico della stella nel corso del tempo, e gli scienziati ne stanno studiando il significato. Recentemente, gli astronomi della Villanova University hanno concluso che la Stella Polare ha

aumentato la sua luminosità di una magnitudine (circa 2,5 volte) rispetto all'antichità.

Le stelle variabili sono di due tipi:

- ✓ **stelle variabili intrinseche:** la luminosità di queste stelle cambia a causa dei mutamenti fisici delle stelle stesse. Si dividono in tre categorie ulteriori:
 - stelle pulsanti;
 - stelle eruttive;
 - stelle esplosive;
- ✓ **stelle variabili estrinseche:** la luminosità di queste stelle sembra cambiare per alcuni fattori esterni che ne alterano la luce visibile dalla Terra. I due tipi principali di variabili estrinseche sono:
 - binarie a eclissi;
 - stelle con eventi di *microlensing*.

Di seguito descriverò ciascuna di queste tipologie fondamentali.

Andare lontano: le stelle pulsanti

Le stelle pulsanti aumentano e diminuiscono, diventando più grandi e più piccole, più calde e più fredde, più luminose e più deboli: oscillano semplicemente come cuori pulsanti nel cielo.

Le stelle variabili Cefeidi

Da un punto di vista scientifico, le stelle pulsanti più importanti sono le variabili Cefeidi, che prendono il nome dalla prima stella di questo tipo che è stata studiata, la Delta nella costellazione di Cefeo (Delta Cephei).

L'astronoma americana Henrietta Leavitt ha scoperto che le Cefeidi hanno una *relazione periodo-luminosità*. Questa espressione indica che più è lungo il periodo di variazione (l'intervallo tra picchi di luminosità successivi), maggiore è la luminosità media reale della stella. Così, misurando la magnitudine apparente di una stella variabile Cefeide mentre cambia nel

corso dei giorni e delle settimane, determinandone il periodo di variabilità, un astronomo può immediatamente dedurre la luminosità reale.

Perché gli astronomi se ne preoccupano? Sappiamo che la luminosità reale di una stella ci permette di calcolarne la distanza. Infatti, più una stella è lontana, meno luminosa appare, ma la sua luminosità reale rimane sempre la stessa.



La distanza affievolisce la luce di una stella in accordo con la *legge dell'inverso del quadrato*: quando una stella è lontana il doppio, la sua luce è quattro volte più debole; se la distanza è tripla, la luce è nove volte più debole; e se una stella è 10 volte più lontana, la sua luce risulta 100 volte più debole.

La notizia straordinaria della scoperta della scala delle distanze e dell'età dell'universo da parte dell'Hubble Space Telescope, è frutto di uno studio dell'Hubble sulle variabili Cefeidi di alcune galassie lontane. Seguendo le loro variazioni di luminosità e utilizzando la relazione periodo-luminosità, gli osservatori dell'Hubble sono riusciti a calcolare la distanza a cui le galassie si trovano.

Le stelle RR Lyrae

Le stelle RR Lyrae sono simili alle Cefeidi, ma non così grandi e luminose. Alcune stelle RR Lyrae si trovano in ammassi globulari all'interno della nostra Via Lattea, e hanno una loro relazione periodo-luminosità.

Gli *ammassi globulari* sono grosse sfere di stelle vecchie, nate quando la Via Lattea era ancora in fase di formazione. Un numero di stelle che va da alcune centinaia di migliaia fino a circa un milione sono ammassate in uno spazio compreso tra 60 e 100 anni luce. Osservare i cambiamenti di luminosità delle RR Lyrae permette agli studiosi di calcolarne la distanza, e quando le stelle si trovano in un ammasso stellare globulare, ciò permette di sapere a che distanza si trova l'ammasso (per maggiori notizie su gli ammassi stellari globulari e non, vedi [Capitolo 12](#)).

Conoscere la distanza di un ammasso stellare è fondamentale: tutte le stelle di un singolo ammasso sono nate nello stesso momento da una nube comune, e si trovano più o meno tutte alla stessa distanza dalla Terra. Così, il diagramma R-H di un ammasso è privo degli errori causati dalle differenze nelle distanze delle stelle. Se gli scienziati conoscono la distanza di un ammasso, possono convertire tutte le magnitudini rappresentate in luminosità reale, ossia la velocità a cui le stelle producono energia in un secondo. Queste quantità possono essere confrontate direttamente con le teorie astrofisiche sulle stelle e su come esse producano energia. È proprio questo genere di studio che tiene impegnati gli astrofisici di tutte le latitudini.

Stelle variabili a lungo periodo

Se gli astrofisici festeggiano per le informazioni raccolte con le Cefeidi e le RR Lyrae, gli astronomi amatoriali, d'altro canto, vanno in brodo di giugiole osservando le variabili a lungo periodo, dette anche *stelle Mira* (o variabili Mira). Mira è un altro nome della stella Omicron Ceti, nella costellazione di Cetus (la Balena), la prima stella variabile a lungo periodo che è stata scoperta.

Le variabili Mira sono grandi stelle rosse che pulsano come le Cefeidi, ma hanno periodi molto più lunghi, mediamente di dieci mesi o più, con una variazione di luminosità anche maggiore. Al massimo della sua luminosità, Mira è visibile anche a occhio nudo, mentre al minimo serve un telescopio per vederla. I cambiamenti di una stella variabile a lungo periodo sono anche meno stabili di quelli di una Cefeide. La magnitudine massima che raggiunge una particolare stella a lungo periodo può essere molto diversa da un periodo a quello successivo. Questi cambiamenti sono facili da osservare, e costituiscono informazioni scientifiche fondamentali, così anche voi potrete dare una mano nello studio delle stelle variabili, come illustrerò meglio nell'ultima parte di questo capitolo.

Vicini esplosivi: le stelle eruttive

Le stelle eruttive sono piccole nane rosse che subiscono grosse esplosioni, simili a eruzioni solari estremamente potenti. La maggior parte delle eruzioni solari è visibile solo con l'aiuto di filtri colorati, in quanto la luce

emanata è solo lievemente più intensa di quella globale del Sole. Solo rarissime eruzioni molto grandi, dette “di luce bianca” sono visibili senza filtri speciali (ma è comunque necessario ricorrere a una delle tecniche sicure per l’osservazione del Sole che descrivo nel [Capitolo 10](#)). Invece, le esplosioni sulle stelle eruttive sono talmente luminose che la magnitudine della stella cambia in maniera percettibile. Tali frequenti esplosioni non avvengono su tutte le nane rosse. Proxima Centauri, la stella più vicina dopo il Sole, è una stella eruttiva.

Le nove: stelle esplosive

Le esplosioni di nove e supernove sono così imponenti che non posso accorparle alle stelle eruttive; sono enormemente più potenti e hanno effetti molto più ampi.

Nove

Una nova esplode attraverso un processo di accrescimento su una nana bianca in un sistema binario, in maniera molto simile alle esplosioni delle supernove di Tipo Ia che ho già descritto in questo capitolo. Tuttavia, mentre nel caso di una supernova la nana bianca viene distrutta, in una nova, la nana bianca sopravvive. La stella va incontro all’esplosione di un involucro esterno per poi stabilizzarsi risucchiando ulteriori gas dalla sua compagna. La potente gravità della nana bianca comprime e riscalda questo gas fino a che, dopo secoli o millenni, esplode nuovamente. Questo almeno in teoria. Nessuno scienziato è mai vissuto abbastanza a lungo per vedere una nova normale o *classica* esplodere due volte. Esistono però sistemi binari simili in cui le esplosioni non sono violente quanto quelle di una nova classica, ma avvengono abbastanza spesso, per cui gli astronomi dilettanti le tengono sempre sotto controllo, pronti ad annunciare la scoperta di una nuova esplosione e a mettere in allarme i professionisti affinché la studino. Questi oggetti stellari hanno vari nomi, tra cui *nova nana* e *sistema AM Herculis*.

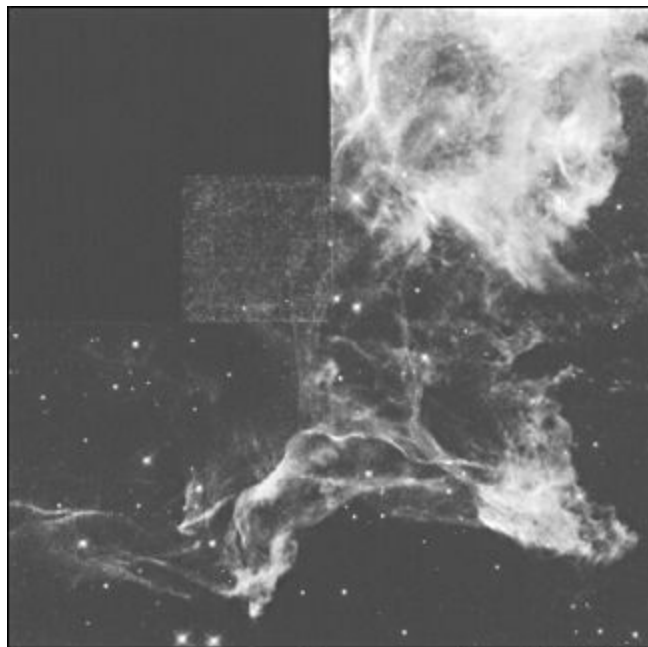
Le nove classiche, le nove nane e altri oggetti celesti simili sono conosciuti collettivamente con il nome di *variabili cataclismiche*.

Una nova sufficientemente luminosa da esser visibile a occhio nudo si presenta più o meno una volta ogni dieci anni. Ne studiai una in Ercole durante la mia tesi di dottorato nel 1963: se non fosse esplosa al momento giusto, avrei dovuto aspettare altri dieci anni per concludere la tesi. Più recentemente, una fantastica nova nello Scorpione ha deliziato gli astronomi nel 2007.

Supernove

Le supernove espellono una nebulosa ad alta velocità, chiamata *residuo di supernova* (vedi [Figura 11.5](#)). All'inizio la nebulosa è formata dal materiale di cui era costituita la stella esplosa, meno il corpo centrale che si forma dopo l'esplosione, sia esso una stella di neutroni o un buco nero (vedi "Tempo scaduto: la coda dell'evoluzione stellare" in questo capitolo). Espandendosi nello spazio, la nebulosa accumula gas interstellare come uno spazzaneve accumula neve. Dopo alcune migliaia di anni i resti della supernova sono costituiti principalmente dal gas accumulato, più che dai resti della supernova stessa.

Figura 11.5 Una parte dell'Anello del Cigno, un residuo di supernova.



Per concessione della NASA.

Le supernove sono incredibilmente luminose e piuttosto rare. Gli astronomi stimano che, in una galassia come la Via Lattea, una supernova capita ogni 25-100 anni, ma nella nostra galassia non abbiamo testimonianza di una supernova dai tempi della Stella di Keplero, nel 1604, prima dell'invenzione del telescopio. Potrebbero essercene state altre, nascoste alla vista dalle nubi di polveri della galassia. Una grande stella meridionale della Via Lattea, nota come Eta Carinae, sembra essere in procinto di diventare una supernova, ma in gergo astronomico significa che potrebbe accadere in un qualsiasi momento nel prossimo milione di anni.

Dal 1604, solo una supernova è stata visibile a occhio nudo. Si tratta della Supernova 1987A, situata nella galassia nostra vicina, la Grande Nube di Magellano, o LMC (che descriverò nel [Capitolo 12](#)). La supernova si trovava troppo a sud per essere visibile dagli Stati Uniti, ma non mi sarei perso un evento celeste di quella portata per niente al mondo, per cui ho preso un volo per arrivare sino in Cile pur di vederlo. E gli astronomi cileni mi hanno accolto calorosamente.

Ipernove

Le ipernove sono supernove particolarmente luminose, probabilmente responsabili di almeno una parte delle esplosioni di raggi gamma che lampeggiano nel cielo di tanto in tanto. Queste esplosioni sono getti estremamente potenti di radiazioni ad alta energia emesse in fasci. Per saperne di più, nel novembre del 1994 la NASA ha lanciato il satellite Swift. Ogni volta che Swift individua un'esplosione proveniente da una certa direzione, avvisa prontamente gli osservatori a terra perché si concentrino su quella parte di cielo. Le ipernove sono più rare delle altre supernove, nella nostra Galassia non ne è stata vista mai nessuna.



Per saperne di più sullo Swift e sulle sue scoperte, potete visitare il sito curato dalla NASA

(www.nasa.gov/mission_pages/swift/main/index.html),

quello della Swift Education and Public Outreach

(<http://swift.sonoma.edu>) oppure, se possedete un iPad o un

iPhone, potete semplicemente aprire iTunes e scaricare l'applicazione gratuita *Swift Explorer App* della Pennsylvania State University. Ha alcune caratteristiche interessanti: potete persino programmarla perché invii un messaggio sul vostro telefono ogni volta che lo Swift intercetta un'esplosione di raggi gamma.

Nascondino tra le stelle: le stelle binarie a eclissi

Le stelle binarie a eclissi sono sistemi binari la cui luminosità reale non cambia (a meno che una delle due stelle non sia una stella pulsante, esplosiva o un altro tipo di variabile intrinseca), anche se ci sembrano stelle variabili. Il *piano orbitale* del sistema (il piano che contiene le orbite delle due stelle) è orientato in modo da contenere la nostra linea visiva sul sistema binario. Per cui, ogni volta che percorrono l'orbita, vedendole dalla Terra, una delle due stelle eclissa l'altra e la sua luminosità diminuisce (ovviamente, la situazione si capovolge a metà orbita, quando la stella eclissata diventa a sua volta responsabile dell'eclissi).

Se le due stelle di un sistema binario hanno periodi orbitali di quattro giorni, allora ogni quattro giorni la stella più massiva del sistema, detta abitualmente A, passerà esattamente davanti all'altra stella nella visuale terrestre. Questo passaggio impedisce a tutta o a gran parte della luce proveniente dalla stella B di raggiungere la Terra (dipende dalle dimensioni di B rispetto ad A, a volte la stella meno massiva è più grande della sua pesante compagna), per cui la binaria sembrerà meno luminosa. Gli astronomi chiamano questo evento *eclissi stellare*. Dopo due giorni dall'eclissi sarà B a passare davanti ad A, dando vita a una nuova eclissi.

Nel paragrafo “Le stelle binarie e l'effetto Doppler” ho spiegato che, per calcolare le masse relative delle stelle, gli astronomi utilizzano le velocità orbitali. Bene, possono utilizzare queste velocità anche per calcolarne il diametro. Gli scienziati prendono gli spettri per scoprire a quale velocità la stella percorre l'orbita attraverso l'effetto Doppler, poi misurano la durata di un'eclissi nelle binarie a eclissi. L'eclissi stellare della stella B ha inizio quando la parte iniziale di A comincia a passare davanti a B. L'eclissi termina quando la parte finale di A finisce di passare davanti a B. Per cui la

velocità orbitale moltiplicata per la durata dell'eclissi dice agli scienziati quanto è grande A.



La binaria a eclissi più famosa è Beta Persei, conosciuta anche come Algol, la Stella Demone. Nell'Emisfero Boreale non farete certo fatica a osservare le eclissi di Algol, essendo una stella luminosa in buona posizione per le osservazioni autunnali nel cielo settentrionale. Potrete guardare le sue eclissi senza nemmeno dover ricorrere a un telescopio o a un binocolo. Ogni due giorni e 21 ore, la luminosità di Algol diminuisce di poco più di una magnitudine, cioè di un fattore 2,5, per circa due ore. Ma è necessario che sappiate *quando* cercare l'eclissi. Non potete certo stare in piedi in giardino per quasi tre giorni. I vicini cosa ne direbbero? Meglio controllare su *Sky & Telescope* le pagine che elencano le informazioni per gli osservatori. Di solito c'è un articolo che si intitola "Minima di Algol", in cui vengono elencate le date e gli orari delle eclissi per un periodo di un mese o due (se non trovate questa lista nell'ultimo numero della rivista, significa che nel mese in corso Algol è troppo vicina al Sole per poter essere osservata).

I *minima* sono i momenti in cui le stelle variabili, intrinseche o estrinseche, durante i loro cicli raggiungono il livello minimo di luminosità. I *maxima* sono i momenti in cui queste stelle sono più luminose.

Come catturare la luce stellare: gli eventi di microlensing

A volte, una stella lontana passa esattamente davanti a una ancora più lontana. Le due stelle non sono in relazione e potrebbero anche trovarsi a migliaia di anni luce di distanza l'una dall'altra, ma la gravità della stella più vicina curva il cammino percorso dalla luce della stella più lontana, così che dalla Terra questa appare più luminosa per alcuni giorni o settimane. Gli astronomi riscontrano regolarmente questo effetto, previsto dalla Teoria

della Relatività Generale di Einstein. Quando un oggetto di grosse dimensioni come una galassia curva il cammino della luce, gli astronomi chiamano il fenomeno *lensing gravitazionale*. Se invece la luce è curvata dalla gravità di un oggetto piccolo, il fenomeno prende il nome di *microlensing*.

Se pensate che l'allineamento contemporaneo di due stelle indipendenti con la Terra sia decisamente poco probabile, avete ragione, complimenti! Per individuare con regolarità un evento tanto raro gli astronomi utilizzano telecamere elettroniche sui telescopi che registrano centinaia di migliaia, a volte anche milioni, di stelle contemporaneamente. Con tutte quelle stelle sotto osservazione, prima o poi una stella passerà davanti a una più lontana, anche se gli astronomi non possono stabilire in anticipo di quali stelle si tratterà.

Il trucco sta nel puntare la telecamera verso una regione in cui sono visibili molte stelle contemporaneamente. Regioni simili includono la Grande Nube di Magellano, una galassia satellite vicina alla Via Lattea (vedi [Capitolo 12](#)) e la regione centrale della Via Lattea, dove c'è un gran caos di stelle.

I nostri vicini stellari

Guardando Alfa Centauri a occhio nudo, si vede una stella luminosa. Se si usa un telescopio, nel campo visivo compaiono due stelle luminose molto vicine, che costituiscono un sistema binario. Ma non è finita: un'altra stella vicina, Proxima Centauri, crea un sistema triplo. Non si riesce a vedere Proxima Centauri insieme alle altre due perché si trova su un'orbita molto grande intorno a loro: vista dalla Terra è distante più di 2° , cioè più di quattro volte il diametro apparente della Luna piena (in ogni caso Proxima, una debole nana rossa, non è visibile a occhio nudo. L'abbiamo già incontrata nel paragrafo "Le stelle della sequenza principale: come godere di una lunga vita adulta" in questo capitolo).

Per continuare con le stelle triple, controllate il seguente elenco:

- ✓ **Alfa Centauri (anche detta Rigil Kentaurus):** è una stella luminosa di classe G nella costellazione australe del Centauro (vedi [Figura](#)

11.6). È una stella nana della sequenza principale, più o meno dello stesso colore del Sole, ma un po' più luminosa;

- ✓ **Alfa Centauri B:** la compagna arancione di Alfa Centauri è una stella nana della sequenza principale leggermente più piccola e fredda;
- ✓ **Alfa Centauri C:** la nostra vicina più prossima dopo il Sole, è una piccola nana rossa eruttiva, chiamata anche Proxima Centauri.

Il sistema di Alpha Centauri si trova a circa 4,4 anni luce dalla Terra, con Proxima Centauri dal lato più vicino, a 4,2 anni luce, all'estremità del cielo australe. Perciò, per vederlo, bisogna trovarsi nell'Emisfero Sud, o almeno a latitudini estremamente basse dell'Emisfero Nord,

Sirio, lontana 8,5 anni luce, è la stella più luminosa del cielo notturno. Il suo nome ufficiale è Alfa Canis Majoris (Cane Maggiore, vedi [Figura 11.7](#)). Situata poco più a sud dell'equatore celeste, Sirio è facilmente visibile dalla maggior parte dei luoghi abitati della Terra. È una stella bianca della sequenza principale di classe A, che brilla quanto basta perché la gente si chieda: "Cos'è quella grossa stella?"

Figura 11.6 Alfa Centauri è un sistema stellare triplo situato all'estremità del cielo australe.

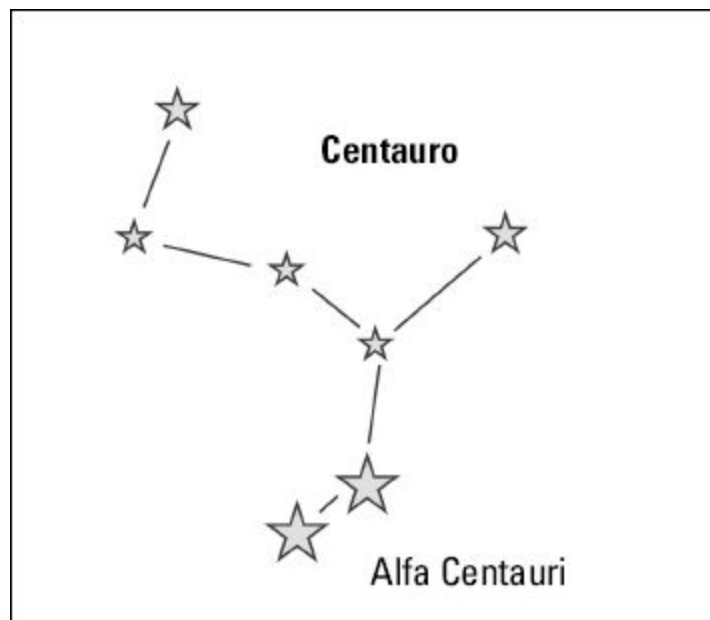
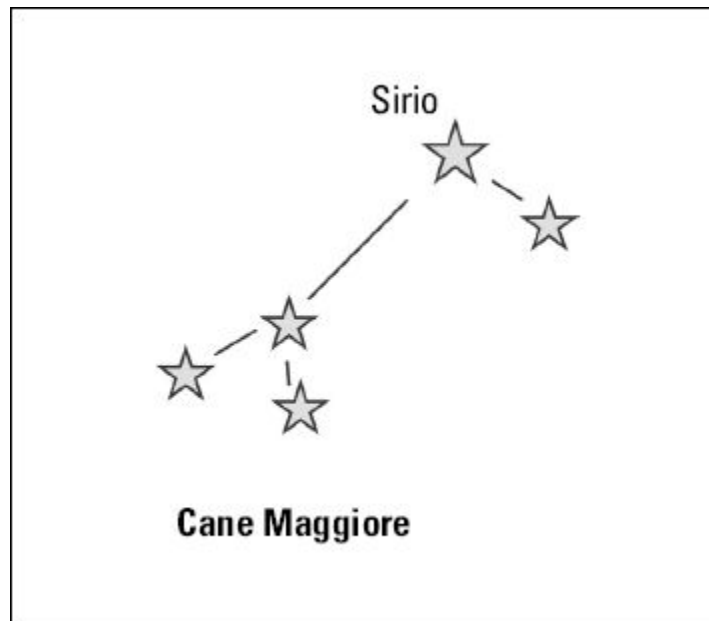


Figura 11.7 Sirio è il cane di punta della costellazione del Cane Maggiore.



Come quasi tutte le stelle a parte il Sole, Sirio ha una compagna: Sirio B, una nana bianca. Sirio è nota come “il Cane”, e quando il costruttore di telescopi americano Alvan Clark scoprì la sua piccola compagna, nel 1862, a qualcuno venne naturale soprannominarla “il Cucciolo”.



Una leggenda e alcune registrazioni scritte, aperte a diverse interpretazioni, suggeriscono che alcune migliaia di anni fa Sirio fosse una stella rossa. Nonostante gli sforzi, gli astrofisici non sono stati in grado di spiegare questo colore in termini di fenomeni fisici per cui, ovviamente, sostengono che questa storia non sia vera.

Vega è Alfa Lyrae, la stella più luminosa della costellazione della Lira. Compare alta nel cielo delle sere d'estate alle latitudini temperate del nord (in Europa, per esempio) ed è un oggetto stellare che la maggior parte degli astronomi dilettanti conosce come il palmo della propria mano. Situata a circa 26 anni luce dalla Terra, Vega è una stella della sequenza principale di

classe A, come Sirio; emana una brillante luce bianca ed è una delle stelle più notevoli del cielo.

Betelgeuse non è esattamente nelle vicinanze del sistema solare; è una supergigante rossa di classe spettrale M, a circa 640 anni luce dalla Terra. Ma a tutti piace il suo nome, che in inglese può essere pronunciato come “Beetle Juice” (“succo di scarafaggi”). Gli osservatori amano il suo colore rosso scuro, dopotutto è sempre una supergigante rossa, 20.000 volte più luminosa del Sole. Sebbene Betelgeuse sia Alfa Orionis, la stella più luminosa di Orione è Rigel (Beta Orionis).

Come aiutare gli scienziati osservando le stelle

Ci sono milioni di stelle oggetto di osservazione costante, perché cambiano di luminosità o presentano qualche altra caratteristica speciale. Gli astronomi professionisti non riescono a star dietro a tutte, ed è qui che entrate in gioco voi! Potete tenere sotto controllo alcune stelle con i vostri occhi, con un binocolo o un telescopio.

Dovete però essere in grado di riconoscere le stelle e valutarne la magnitudine. La luminosità di molte stelle cambia così significativamente, di un fattore due, dieci o persino diverse centinaia, che le stime a occhio nudo sono sufficientemente accurate da tenerne traccia. Il trucco consiste nell'utilizzo di una *carta di confronto*, una mappa del cielo che mostra le posizioni delle stelle variabili e le posizioni con le relative magnitudini delle *stelle di confronto*. Una stella di confronto ha una luminosità conosciuta non variabile (almeno si spera).



L'Associazione Americana degli Osservatori di Stelle Variabili (AAVSO) offre una marea di informazioni che spiegano come osservare le stelle variabili. Il suo sito web è www.aavso.org.



L'AAVSO incoraggia allo stesso modo tutti gli osservatori, dilettanti, principianti o esperti che siano. Potete scaricare il suo *Manuale per l'osservazione delle stelle variabili visibili* in inglese o in un'altra lingua di vostra scelta (con le loro osservazioni, gli osservatori dilettanti di tutto il mondo contribuiscono alla ricerca dell'AAVSO sulle stelle variabili).

Date un'occhiata anche al VSP (Variable Stars Plotter, disegnatore di stelle variabili) dell'AAVSO, presente sul sito. Potete inserire il nome o il numero di una stella variabile, e il VSP creerà una carta celeste che potrete scaricare, per poi utilizzarla con il vostro telescopio. Dopo aver letto il manuale ed esservi esercitati nel giudicare la magnitudine delle stelle, sarete pronti per osservare le stelle variabili e spedire le vostre osservazioni all'AAVSO.

Come aiutare lo studio delle stelle con il proprio intelletto e computer

Se vivete in un posto dove le condizioni atmosferiche e/o l'inquinamento luminoso non sono favorevoli all'osservazione astronomica su base regolare, potete aiutare comunque gli astronomi praticando la Citizen Science: seguendo le istruzioni online, potete analizzare i dati astronomici raccolti dai telescopi di veicoli spaziali orbitanti o di osservatori astronomici terrestri professionali. Tutto ciò che dovete fare è iscrivervi al sito di un progetto, studiare le istruzioni e poi cominciare a esaminare i dati.

Migliaia di persone interessate si iscrivono a questi progetti, perciò, sebbene un singolo partecipante possa non dare il migliore giudizio scientifico, i rapporti di molti partecipanti uniformano il risultato. Le scoperte dei cittadini, di solito, avvisano gli astronomi professionisti dell'esistenza di oggetti interessanti e magari scientificamente importanti o di fenomeni spaziali presenti nei dati astronomici che nessun esperto può analizzare da solo.

Due validi progetti di Citizen Science che potete prendere in considerazione sono:

- ✓ **il progetto Via Lattea** (www.milkywayproject.org/tutorial) finalizzato a raccogliere informazioni sulla modalità di formazione delle stelle. Sponsorizzato dall'Adler Planetarium di Chicago, Illinois, e dal programma Zoouniverse Citizen Science, questo progetto utilizza le immagini provenienti dal telescopio spaziale della NASA Spitzer. I partecipanti utilizzano i programmi per computer forniti dal sito dell'MWP per disegnare cerchi nella Via Lattea detti *nodi verdi* (vengono forniti esempi, in modo che sappiate cosa cercare). Questi nodi sono zone in cui potrebbe essere in corso la formazione di stelle: si dà la caccia a piccoli e finora sconosciuti ammassi stellari e, se si avvistano, si fa loro un cerchio intorno. Gli astronomi professionisti utilizzano le informazioni raccolte per le ricerche sulle stelle in corso (per una descrizione della Via Lattea e dei suoi ammassi stellari, vedi il [Capitolo 12](#));
- ✓ **la ricerca delle stelle esplosive (supernove):** sul sito <http://supernova.galaxyzoo.org> potete dar la caccia alle supernove comodamente da casa vostra, unendovi al progetto per la ricerca delle stelle esplosive (supernove). Quando il progetto *Stelle Esplosive* è regolarmente in corso, riceverete immagini telescopiche provenienti da una fotocamera automatica dell'Osservatorio Palomar in California, su cui cercherete nuove supernove (ho scritto “quando” perché, già nel maggio del 2012, i volontari avevano esaurito tutti i dati disponibili del Palomar, e i nuovi arrivati venivano temporaneamente reindirizzati verso altri validi progetti di Citizen Science).

Se vi unirete al progetto *Stelle Esplosive* imparerete a identificare una supernova e a farne rapporto. Sulla base dei rapporti forniti da voi e dagli altri volontari, gli astronomi professionisti puntano i loro telescopi verso le stelle che stanno esplodendo per raccogliere nuove informazioni astrofisiche.

Credo che *Stelle Esplosive* batta *Angry Birds* alla grande, inoltre è gratuito e nessun animale si fa male (a meno che non stia su un pianeta vicino all'esplosione).

Capitolo 12

Le galassie: la Via Lattea e oltre

In questo capitolo

- ▶ Un assaggio della Via Lattea
- ▶ Setacciare gli ammassi di galassie e le nebulose
- ▶ Classificare le stelle per forma e dimensioni
- ▶ Osservare galassie vicine e lontane
- ▶ Unirsi al Galaxy Zoo

Il nostro sistema solare costituisce una porzione minuscola della galassia della Via Lattea, un grosso sistema formato da centinaia di miliardi di stelle, migliaia di nebulose e centinaia di ammassi stellari. La Via Lattea, a sua volta, è uno dei membri più grandi del Gruppo Locale di Galassie. Al di là del Gruppo Locale c'è l'Ammasso della Vergine, il più vicino ammasso di galassie, a circa 54 milioni di anni luce dalla Terra. Quando gli scienziati puntano lo sguardo nell'universo a distanze molto più grandi, vedono i *superammassi*, immensi sistemi che contengono molti singoli ammassi stellari. Finora non abbiamo trovato superammassi di superammassi, ma esiste la Grande Muraglia, un superammasso immensamente lungo. Invece, il grosso dell'universo sembra consistere di giganteschi vuoti cosmici, che contengono poche galassie (ma tutto è relativo).

Questo capitolo vi presenterà la Via Lattea e le sue parti più importanti, spingendosi poi più lontano nell'universo per incontrare altri tipi di galassie.

Alla scoperta della Via Lattea

La Via Lattea, detta anche “la Galassia” ha un centro dall’aspetto cremoso; vista dalla Terra si presenta come un’ampia striscia di luce soffusa che si vede meglio da un luogo buio nelle notti limpide d’estate e d’inverno.

Come uscire dal torbido della Via Lattea

In passato, chi guardava le stelle riusciva facilmente a vedere la Via Lattea, mentre oggi molte persone non riescono a vederla o non sanno nemmeno che esiste, perché vivono in città così piene di luci che il cielo non è buio come natura l’ha fatto, ma è rischiarato dall’inquinamento luminoso.

L’unica soluzione è fuggire dall’inquinamento luminoso, almeno una volta ogni tanto e, durante le vacanze o nei fine settimana, andare in montagna o su una spiaggia per dare un’occhiata a un cielo più buio di quello di casa.

Anche la luce della Luna piena interferisce con le osservazioni della Via Lattea, perciò programmate la vostra gita nei giorni di Luna nuova, quando la luce lunare in cielo è scarsa o del tutto assente. La Via Lattea è maggiormente visibile nel cielo estivo o invernale, meno in primavera e autunno (per suggerimenti su come evitare l’inquinamento luminoso e su quali sono i migliori luoghi bui per guardare le stelle, visitate il sito della Dark-Sky Association, www.darksky.org.)

La Via Lattea era considerata una scia di latte che attraversa l’universo, almeno fino al 1610, quando per la prima volta Galileo la osservò con il telescopio, scoprendo che non è da leccare, ma è costituita da un enorme numero di stelle (la stima odierna è di circa 300 miliardi), la maggior parte così deboli o lontane che si confondono in un’unica macchia indistinta nel cielo. Gran parte delle stelle della Via Lattea non è visibile a occhio nudo e splende come fosse un unico gruppo. Perciò, il telescopio rappresentò un

grosso passo in avanti per lo studio della Via Lattea (e anche per quasi tutto il resto, in astronomia).

Se le galassie sono i palazzi principali dell'universo, la Via Lattea è un palazzo bello grosso; contiene quasi tutto quello che in cielo è visibile a occhio nudo: la Terra, il sistema solare, le stelle del vicinato – cioè quelle visibili delle costellazioni – e tutte quelle che si uniscono formando una striscia lattiginosa nel cielo notturno; ma comprende anche molti oggetti e altra materia che non sono visibili. Contiene poi tutte le nebulose visibili senza l'aiuto del telescopio e molto altro ancora.

Un bel bicchierone di latte, insomma! A parte le stelle che stanno per conto loro, la Via Lattea include centinaia di ammassi stellari, come le Pleiadi e le Iadi nella costellazione del Toro e, per i fortunati osservatori che si trovano in Australia, in Sudamerica e in altre parti dell'estremo Emisfero Sud, lo Scrigno di Gioie nella Croce e il magnifico ammasso stellare di Omega Centauri.

Come e quando si è formata la Via Lattea?

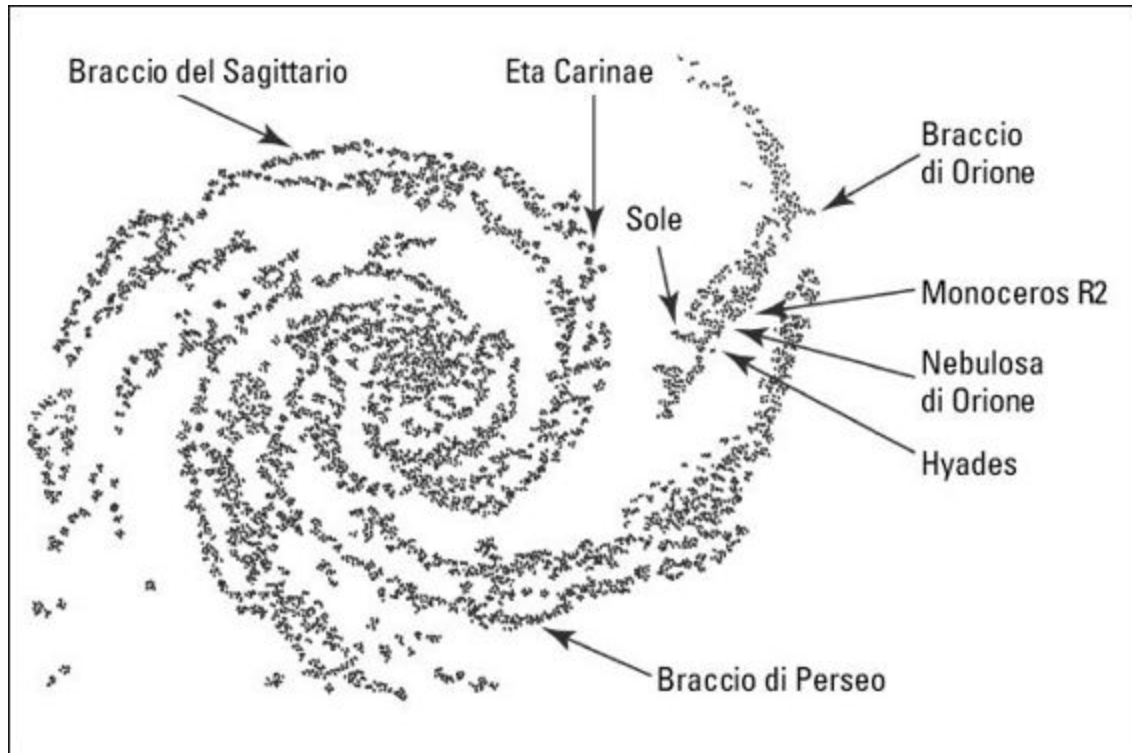
La Via Lattea è vecchia quasi quanto l'universo, di sicuro risale ad almeno 13 miliardi di anni fa, quando, secondo gli scienziati, si sono formate alcune delle sue stelle più antiche. Molto tempo fa, la gravità unì e condensò un'enorme nube di gas primordiale. Dato che alcuni piccoli grumi di gas collasavano più velocemente della nube nel suo insieme, si formarono le stelle. Anche se la velocità di rotazione della grande nube doveva essere inizialmente molto lenta, rimpicciolendosi cominciò a ruotare più velocemente, e alla fine si appiattì fino a raggiungere la sua attuale struttura di spirale a disco. E prima che ve ne accorgiate... *voilà, la Voie Lactée*, come dicono i francesi. In realtà la sua formazione non è stata così semplice, perché la Via Lattea è un po' insaziabile, ha continuato a ingoiare piccole galassie vicine per ere, aggiungendo alla sua collezione anche le loro stelle. E il suo banchetto continua tutt'oggi. Che ingordigia!

Che forma ha la Via Lattea?

La forma e le dimensioni della Via Lattea dipendono dalla gravità che domina e plasma tutto l'universo. La Via Lattea è una galassia a spirale, una formazione a forma di pizza composta da miliardi di stelle (il *disco galattico*, con un diametro di circa 100.000 anni luce), che include i bracci della spirale (vedi [Figura 12.1](#)). I bracci hanno una forma vagamente simile a quella dei getti d'acqua che escono da un annaffiatore rotante da giardino, e contengono molte stelle bianche e blu insieme a tantissime nubi di gas. Gruppi di giovani stelle calde punteggiano i bracci della spirale come le guarnizioni di una pizza quattro stagioni. Le nebulose chiare e scure possono essere viste come funghi sparsi su tutti i bracci, insieme a grandi nubi molecolari, come Monoceros R2 (la sua posizione è indicata in [Figura 12.1](#)), dove quasi tutto il gas è freddo e poco luminoso. Tra un braccio e l'altro si estendono le *regioni inter-braccio* (chissà perché, non tutti i termini astronomici sono accattivanti come *Barnacle Bill*, il nome di una roccia di Marte, o *Rettangolo Rosso*, una nebulosa a forma di clessidra, chissà perché).

Al centro della galassia si trova un luogo chiamato (indovinate un po'!) *centro galattico*. E al centro del centro si trova il "bulge" galattico, un gonfiore così grosso che farebbe impallidire anche il più grasso dei lottatori di Sumo. Il *bulge galattico* è una formazione pressoché sferica di milioni di stelle prevalentemente arancioni e rosse, che se ne sta lì come una grossa polpetta al centro del disco galattico, estendendosi molto al di sopra e al di sotto di esso. Alcune stelle del bulge sono disposte lungo formazioni allungate a forma più di salsiccia che di polpetta. Gli astronomi chiamano questa salsiccia *barra*. Quando una galassia a spirale possiede una barra evidente, è detta *spirale barrata* (parlerò delle spirali barrate più avanti in questo capitolo), ma la barra della Via Lattea non è molto accentuata.

Figura 12.1 La Via Lattea è una galassia a spirale i cui bracci circondano il centro galattico.



Al centro del bulge galattico si trova Sagittarius A*, un buco nero supermassivo. La [Figura 12.1](#) rappresenta un modello della Via Lattea completo di condimento e ingredienti (è un'immagine ravvicinata del suo disco galattico privato del bulge galattico, per maggiore chiarezza).

Affettatela come vi pare, per continuare la similitudine con la pizza, la Via Lattea sarà sempre una galassia meravigliosa.

Il *piano galattico* è la superficie immaginaria piatta che attraversa a metà il disco galattico, mentre il cerchio che rappresenta la sua intersezione con il cielo, visto dalla Terra, è detto *equatore galattico*.

Talvolta gli astronomi indicano un oggetto celeste in coordinate galattiche anziché in ascensione retta e declinazione (coordinate definite nel [Capitolo 1](#)). Le coordinate galattiche sono la *latitudine galattica*, misurata in gradi nord e sud rispetto all'equatore galattico, e la *longitudine galattica*, misurata in gradi lungo l'equatore galattico.

Uno sguardo oltre la Via Lattea

I tre oggetti celesti oltre la Via Lattea, ma comunque visibili a occhio nudo, sono la Grande e Piccola Nube di Magellano (due galassie vicine visibili dall'Emisfero Sud) e la Galassia di Andromeda. Alcune persone dotate di vista particolarmente acuta (e molte altre che vogliono far colpo sugli amici) dicono di essere in grado di vedere anche la Galassia del Triangolo. Entrambe le galassie di Andromeda e del Triangolo si trovano a circa 2 milioni di anni luce dalla Terra, ma Andromeda è più grande e luminosa.

Considero la Grande Nube di Magellano come un oggetto unico, anche se in realtà racchiude una grossa nebulosa luminosa, la Tarantola, che si può vedere anche a occhio nudo (non preoccupatevi, nonostante il nome non morde). Per alcuni mesi del 1987, nella Grande Nube è stato possibile vedere una grossa supernova, la Supernova 1987A. Fu la prima supernova visibile a occhio nudo dopo la Stella di Keplero nel 1604, che però si trovava nella nostra galassia. A differenza della Stella di Keplero, la Supernova 1987A non fu visibile dall'Europa e dagli Stati Uniti continentali, mentre fu prontamente osservata dall'Australia, dal Cile e dal Sudafrica.

La longitudine galattica inizia nella direzione del centro galattico, che rappresenta la sua longitudine 0° (in realtà il punto zero della Longitudine galattica è leggermente spostato, rispetto al centro galattico, perché gli scienziati lo collocarono nel punto in cui credevano si trovasse il centro galattico nel 1959; ora ne sappiamo di più).

La longitudine galattica procede lungo l'equatore galattico partendo dalla costellazione del Sagittario verso l'Aquila, il Cigno e Cassiopea. Procede attraverso l'Auriga, il Cane Maggiore e il Centauro per tutti i 360° fino a tornare al centro galattico. Se guardate con un binocolo nella direzione di queste costellazioni, vedrete più stelle e ammassi stellari che in qualunque altra parte del cielo. La semplice verità è che le costellazioni attraversate dal piano galattico sono fra le più belle visioni del cielo.



Sul sito *MultiWavelength Milky Way*, all'indirizzo <http://mwmw.gsfc.nasa.gov>, trovate le mappe del piano galattico della Via Lattea registrate da radiotelescopi, satelliti di osservazione a raggi X e gamma e da telescopi terrestri a luce visibile (o "ottici").

Dove possiamo trovare la Via Lattea?

La Via Lattea non si trova a una certa distanza dalla Terra, contiene il nostro pianeta. Il centro galattico si trova a circa 27.000 di anni luce dalla Terra. Misurazioni recenti effettuate da un radiotelescopio chiamato Very Long Baseline Array, mostrano che il sistema solare impiega circa 226 milioni di anni per completare un'orbita attorno al centro galattico. Questa misura ha colmato una discrepanza: gli scienziati non sapevano con certezza se questa distanza fosse di 200 oppure di 250 milioni di anni luce. Ora possiedono invece la cifra precisa.

La parte esterna del disco galattico (detto anche *orlo galattico*, un nome più popolare tra gli amanti della fantascienza), nel punto più vicino alla Terra, è quasi equidistante dal centro galattico nella direzione opposta. Il disco della Via Lattea è praticamente identico alla striscia lattiginosa che brilla in cielo.

La Via Lattea si trova a circa 169.000 anni luce da una galassia chiamata Grande Nube di Magellano, a circa 2,6 milioni di anni luce dalla Galassia di Andromeda e a circa 54 milioni di anni luce dall'ammasso di galassie più vicino, l'Ammasso della Vergine. La Via Lattea casca proprio nel bel mezzo di un piccolo ammasso di galassie (le dimensioni qui sono relative), il Gruppo Locale.

Gli ammassi stellari: i nostri consociati galattici

Gli ammassi stellari sono gruppi di stelle che si trovano dentro e intorno a una galassia. Non si sono associati per caso, al contrario sono gruppi di stelle che si sono formate a partire da una nube comune, nella maggior parte dei casi tenute insieme dalla gravità. I tipi principali di ammassi stellari sono gli *ammassi aperti*, gli *ammassi globulari* e le *associazioni OB*.



Per ammirare delle superbe immagini degli ammassi stellari, consultate l'Osservatorio Anglo-Australiano sul sito www.aao.gov.au/images, o regalatevi il libro *L'universo invisibile* di David Malin (Mondadori, 1999) che contiene una collezione delle più belle fotografie dell'Osservatorio Anglo-Australiano. E, a proposito di fotografie, non dimenticatevi di dare un'occhiata anche alla foto dell'ammasso stellare inclusa nella galleria a colori di questo libro.

Un legame debole: gli ammassi aperti

Gli *ammassi aperti* contengono da poche decine fino ad alcune migliaia di stelle, non hanno una forma particolare e si trovano sul disco della Via Lattea. Un ammasso stellare tipico copre circa 30 anni luce. A differenza degli ammassi globulari (vedi il prossimo paragrafo) gli ammassi aperti non sono molto concentrati verso il loro centro (a volte non lo sono affatto), sono solitamente molto più giovani e sono l'ideale per le osservazioni con i piccoli telescopi o i binocoli; alcuni sono visibili anche a occhio nudo. Li trovate raffigurati su quasi tutti i migliori atlanti stellari, come il *Sky & Telescope's Pocket Sky Atlas*, di Roger W. Sinott (New Track Media, 2006). In questa pubblicazione, gli ammassi stellari aperti sono indicati da dischi gialli con bordo puntinato e le loro dimensioni sono proporzionali a quelle apparenti dalla Terra (sono rappresentati anche gli ammassi globulari, che vedremo tra poco).



Gli ammassi aperti più conosciuti e facili da vedere dell'Emisfero Nord sono:

- ✓ **le Pleiadi (conosciute anche come Sette Sorelle):** situate nell'angolo nord occidentale del Toro, a occhio nudo le Pleiadi hanno la forma di un piccolo mestolo. Osservatele con un binocolo contando quante

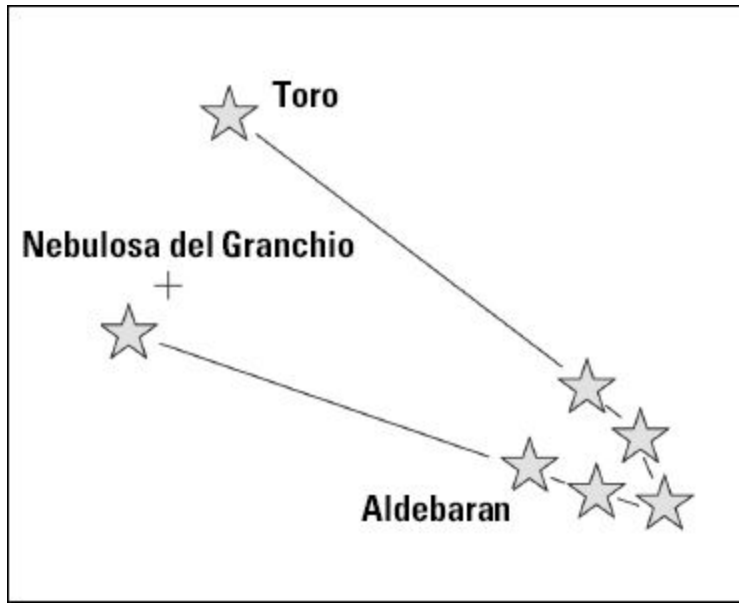
stelle trovate oltre le sette principali, potrete fare una gara con gli amici per vedere chi ne riesce a scorgere di più. Le Pleiadi sono M45, cioè il quarantacinquesimo oggetto nel Catalogo di Messier (vedi [Capitolo 1](#)). La loro stella più luminosa è Eta Tauri (di terza magnitudine), chiamata anche Alcione (per la spiegazione della magnitudine, vedi [Capitolo 1](#));

- ✓ **le Iadi:** anche queste sono situate nel Toro e come le altre sono molto belle da osservare a occhio nudo; includono molte delle stelle che formano la V della testa del Toro. È impossibile non trovare la V, perché là splende la luminosa gigante rossa Aldebaran (prima magnitudine), ossia Alfa Tauri (vedi [Figura 12.2](#)). In realtà Aldebaran si trova molto più in là dell'ammasso delle Iadi, ma dalla Terra appare nella stessa direzione.

L'ammasso delle Iadi sembra molto più grande di quello delle Pleiadi perché si trova a circa 150 anni luce dalla Terra, contro i circa 400 delle Pleiadi;

- ✓ **P'ammasso doppio:** situato in Perseo, costituisce una splendida visione se osservato con un binocolo e, soprattutto, con un piccolo telescopio. I suoi due ammassi sono NGC 869 e 864, ciascuno a circa 7.000 anni luce dalla Terra. NGC sta per New General Catalogue (Nuovo Catalogo Generale), che per essere pignoli era nuovo quando apparve per la prima volta nel 1888, e per dirla tutta non elencava nessun generale (e neanche colonnelli e capitani);
- ✓ **P'Alveare (detto anche Presepe):** noto altrimenti come Messier44, è l'attrazione principale del Cancro, una costellazione formata da stelle poco luminose. A occhio nudo appare come una bella macchia indistinta, al binocolo come uno sciame di stelle. Questo ammasso si trova a circa 600 anni luce dalla Terra.

Figura 12.2 La costellazione del Toro, che contiene la gigante rossa Aldebaran.



Gli osservatori dell'Emisfero Sud, invece, possono ammirare altri ammassi aperti:

- ✓ **NGC 6231:** situato nello Scorpione, è un oggetto celeste del cielo australe, ma nelle sere d'estate si riesce tranquillamente a vedere anche da quasi tutta Europa. Bisogna però trovarsi in una località buia e nulla deve ostruire la visuale dell'orizzonte a sud. L'osservatore Robert Burnham Jr. lo descrisse come "una manciata di diamanti sul velluto scuro";
- ✓ **NGC 4755 (detto anche Scrigno di Gioie):** situato nella Croce, include la luminosa stella Kappa Crucis. La Croce, meglio conosciuta come Croce del Sud, è da sempre la favorita degli osservatori dell'Emisfero Sud. Se andate in crociera nei Mari del Sud, fate di tutto perché a bordo ci sia anche un professore di astronomia (io nel caso sono disponibile) che possa indicarvi la Croce del Sud; con un binocolo potrete così godervi la vista spettacolare dello Scrigno di Gioie.

***Stretti come sardine:
gli ammassi globulari***

Gli *ammassi globulari* sono le case di riposo della Via Lattea. Dovrebbero avere quasi la stessa età della galassia (alcuni esperti ritengono che siano stati i primi oggetti a formarsi all'interno della galassia), ma contengono le stelle antiche, incluse molte giganti rosse e nane bianche (vedi [Capitolo 11](#)). Le stelle di un ammasso globulare visibili con un telescopio domestico sono quasi tutte giganti rosse. Con telescopi più potenti si possono vedere anche stelle arancioni e nane rosse di sequenza principale. Solo il telescopio Hubble e altri potenti strumenti riescono a individuare le nane bianche che si trovano in un ammasso globulare, che brillano molto più debolmente.

Un ammasso globulare tipico contiene da centomila fino a un milione di stelle, a volte anche più, tutte concentrate in una sfera (da cui il termine globulare) il cui diametro misura appena da 60 a 100 anni luce. Le stelle più vicine al centro sono le più compatte (vedi [Figura 11.3](#)).

Un ammasso globulare si distingue da uno aperto per l'alta concentrazione e l'alto numero di stelle. Un'altra differenza fondamentale è che gli ammassi aperti sono distribuiti lungo il disco galattico in una configurazione piatta, al contrario degli ammassi globulari che formano una sfera attorno al centro galattico. La maggior parte degli ammassi globulari si concentra intorno al centro della Via Lattea, quelli visibili con maggiore facilità sono molto al di sopra o al di sotto del piano galattico.

I principali ammassi globulari visibili dall'Emisfero Nord sono:

- ✓ **Messier 13:** risiede in Ercole e rappresenta il mitico omonimo personaggio;
- ✓ **Messier 15:** si trova in Pegaso, il cavallo alato.

Figura 12.3 L'ammasso globulare G1 nella Galassia di Andromeda.



Per concessione della NASA.

In condizioni di oscurità adatte, sia M15 sia M13 sono visibili a occhio nudo, ma per sicurezza avvaletevi di un binocolo o di un piccolo telescopio, che mostrano questi ammassi come macchie indistinte, più che come singole stelle. Per individuare questi ammassi potete utilizzare una carta stellare (come lo *Sky & Telescope's Pocket Sky Atlas* già menzionato).

Gli osservatori dell'Emisfero Nord restano esclusi dall'osservazione dei migliori ammassi globulari, perché i due più belli e luminosi in assoluto risplendono invece nel profondo cielo australe:

- ✓ **Omega Centauri:** situato nel Centauro;
- ✓ **47 Tucanae:** situato nel Tucano.

Questi ammassi regalano una visione spettacolare anche con binocoli poco potenti; costituiscono già da soli un ottimo motivo per fare un viaggio in Sudamerica, Sudafrica, Australia o negli altri posti da cui sono visibili. E andateci in compagnia, perché quella del Tucano è una vista che vale la pena condividere.

Nel frattempo, consolatevi con la fotografia dell'ammasso globulare incluso nella nostra galleria a colori!

È stato bello finché è durato: le associazioni OB

Le *associazioni OB* sono radi raggruppamenti stellari composti da decine di stelle di tipo spettrale O e B (il tipo più caldo di stelle della sequenza principale) e, più raramente, da stelle meno luminose e più fredde (per maggiori dettagli sui tipi spettrali, vedi [Capitolo 11](#)). A differenza di quanto accade negli ammassi stellari aperti e globulari, la gravità non riesce a tenere insieme un'associazione OB; con il passare del tempo le stelle si allontanano sempre più le une dalle altre e l'associazione si sfascia.

Le associazioni OB si trovano vicino al piano galattico e molte delle giovani stelle luminose della costellazione di Orione sono membri dell'associazione OB di Orione (per maggiori notizie su Orione, vedi [Capitolo 3](#)).

Un debole per le nebulose

Una nebulosa è una nube di gas e polveri nello spazio (con “polveri” s'intendono microscopiche particelle solide che possono essere costituite da silicati, carbone, ghiaccio o anche varie combinazioni di queste sostanze; e con “gas” s'intende idrogeno, elio, ossigeno, azoto e altri, ma prevalentemente idrogeno). Come già sottolineato nel [Capitolo 11](#), alcune nebulose svolgono un ruolo importante nella formazione delle stelle; altre si formano dagli ultimi rantoli delle stelle sul letto di morte. Fra la culla e la tomba ci sono nebulose di ogni tipo (e guardate la foto di una nebulosa riportata nella galleria a colori del libro).

Alcune delle nebulose più conosciute sono:

- ✓ **le regioni H-II** (pronuncia: “H secondo”): sono nebulose in cui l'idrogeno è ionizzato, cioè ha perso il suo unico elettrone (un atomo di idrogeno è costituito da un protone e un elettrone). Il gas delle regioni H-II è caldo, ionizzato e luminescente a causa degli effetti delle radiazioni ultraviolette provenienti da vicine stelle O e B. Tutte le grosse e luminose nebulose che si possono vedere attraverso un binocolo sono regioni H-II;

- ✓ **le nebulose oscure:** note anche come regioni H-I (pronuncia: “H primo”), sono i gomitoli di polvere della via Lattea; sono formate da nubi di gas e polveri che non brillano. Il loro idrogeno è neutro, nel senso che gli atomi di idrogeno non hanno perso l’elettrone. Il termine regioni H-I si riferisce allo stato neutro (non ionizzato) dell’idrogeno;
- ✓ **le nebulose a riflessione:** sono costituite da polveri e idrogeno freddo e neutro. Brillano della luce riflessa delle stelle vicine, senza le quali sarebbero nebulose oscure.

Talvolta una nuova nebulosa a riflessione appare all’improvviso, per cui potreste anche scoprirne una da soli, come fece l’astronomo dilettante Jay McNeil. Con un rifrattore amatoriale da 75 mm, nel gennaio del 2004 scoprì una nuova nebulosa a riflessione nella costellazione di Orione, e i professionisti ora la chiamano Nebulosa McNeil. Ma non montatevi troppo la testa: questo tipo di scoperte è raro;

- ✓ **le nubi molecolari giganti:** sono gli oggetti più grandi della Via Lattea, ma sono fredde e scure; gli scienziati non le avrebbero notate se non fosse per i dati raccolti dai radiotelescopi in grado di percepire le emissioni delle deboli onde radio provenienti dalle molecole che compongono queste nubi, come il monossido di carbonio (CO). Come tutte le altre nebulose, le nubi molecolari giganti sono composte principalmente da idrogeno, ma i ricercatori le studiano spesso attraverso le tracce di altri gas, come il CO. L’idrogeno delle nubi giganti è molecolare (H₂), cioè ogni molecola di idrogeno è formata da due atomi di idrogeno neutro.

Una delle più emozionanti scoperte sulle nebulose, nel XX secolo, fu che le luminose regioni H-II, come la Nebulosa di Orione, sono punti caldi nelle zone periferiche di nubi molecolari giganti. Per secoli tutti hanno guardato la Nebulosa di Orione senza sapere che non è nient’altro che un punto luminoso su un enorme oggetto invisibile, la Nube Molecolare di Orione. Secondo le attuali ipotesi, all’interno delle nubi molecolari si formano nuove stelle che, diventate abbastanza calde, ionizzano gli atomi di idrogeno immediatamente circostanti, trasformandoli in regioni H-II. La parte di nube molecolare in cui le polveri sono abbastanza spesse da oscurare la luce di molte o

di quasi tutte le stelle che si trovano dietro la nube, vista dalla Terra, si chiama *nebulosa oscura*.

Le regioni H-II, le nebulose oscure, le nubi molecolari giganti e molte delle nebulose a riflessione si trovano vicino o dentro al disco galattico della Via Lattea.

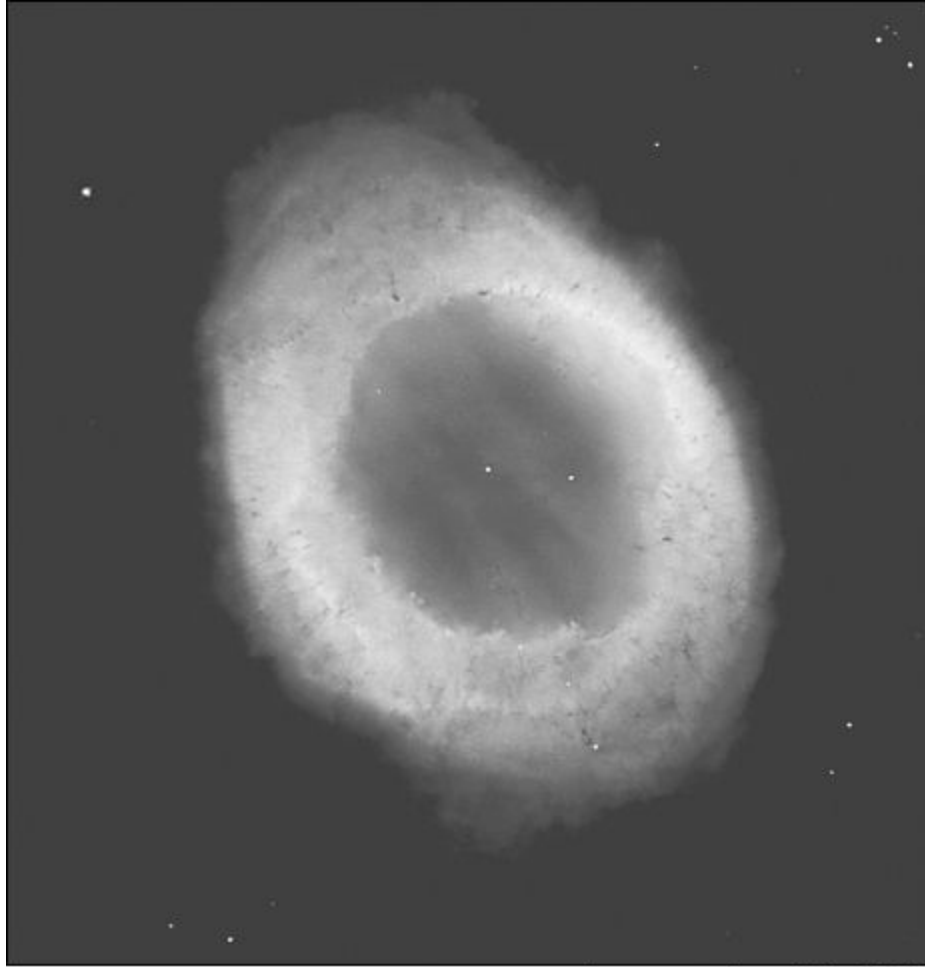
Altri due tipi interessanti di nebulosa sono le nebulose planetarie e i residui di supernova, di cui parlerò brevemente nelle prossime pagine (vedi anche [Capitolo 11](#)).

Come individuare le nebulose planetarie

Le nebulose planetarie sono prodotte da stelle anziane, che all'inizio somigliavano al Sole, ma poi hanno espulso i loro strati atmosferici esterni (il Sole farà lo stesso in un lontano futuro, come abbiamo visto nel [Capitolo 10](#)). I gas espulsi formano le nebulose, che sono ionizzate e rese luminescenti dalla luce ultravioletta delle piccole stelle calde nel loro centro. Queste minuscole stelle sono tutto ciò che resta dei vecchi soli. Le nebulose planetarie si espandono nello spazio e, crescendo, svaniscono. Possono trovarsi molto lontano dal piano galattico (trovate una nebulosa planetaria nella galleria a colori del libro).

Per decenni gli astronomi hanno creduto che molte nebulose planetarie, se non quasi tutte, avessero una forma pressoché sferica. Ora invece sappiamo che la maggior parte di queste nebulose è bipolare, cioè formata da due lobi tondeggianti che si diffondono dalla stella centrale. Anche le nebulose planetarie che ci appaiono sferiche, come la Nebulosa Anulare nella costellazione della Lira, sono in realtà bipolari, ma l'asse che attraversa il centro delle due nubi punta in direzione della Terra (e così, come un manubrio da palestra visto da un'estremità, sembrano circolari). Ma gli astronomi ci hanno messo davvero degli anni per capirlo.

Figura 12.4 La Nebulosa Anulare della Lira è bipolare ma appare sferica dalla Terra.



Per concessione della NASA.

Correzione di una cantonata galattica

Per riferirsi a una galassia, fino al 1950 gli astronomi utilizzarono il termine *nebulosa*, infatti, fino al 1920, c'era la convinzione che le galassie diverse dalla Via Lattea fossero nebulose della Via Lattea stessa.

Ci vollero alcune decine di anni perché il cambio di significato si radicasse nel linguaggio astronomico. Perciò gli autori di testi astronomici hanno smesso solo recentemente di chiamare la Galassia di Andromeda con l'appellativo "Nebulosa" di Andromeda.

Edwin P. Hubble, a cui è dedicato il nome del celebre telescopio, nel 1936 scrisse il famoso libro *Il regno delle nebulose*, che trattava di

galassie, non di nebulose nel senso stretto del termine usato oggi dagli studiosi. Tra gli altri risultati, Hubble dimostrò che la Nebulosa di Andromeda è una galassia piena di stelle, non una grossa nube di gas. Per inciso, Hubble era un ex pugile, reduce della Prima Guerra Mondiale, fumava la pipa e pare fosse arrogante e presuntuoso con i colleghi del Mount Wilson Observatory, ma le sue scoperte non sono certo presunzioni, tanto meno arroganti.



Una curiosità: le *nebulose protoplanetarie* sono molto studiate dagli astrofisici, e sono in realtà di due tipi che non hanno nulla a che vedere l'uno con l'altro. Il primo tipo di nebulosa protoplanetaria è lo stadio iniziale di una nebulosa planetaria, cioè una fase della morte di una stella. L'altro tipo è la nube natale di un sistema solare e dei suoi pianeti. Eppure gli astronomi utilizzano lo stesso termine per indicare due oggetti agli antipodi, ma nessuno è perfetto, si sa.

Volando tra i residui di una supernova

I residui di supernova, inizialmente, sono materiale emesso da enormi esplosioni stellari. Un giovane residuo di supernova è costituito quasi esclusivamente dai resti distrutti della stella che lo ha espulso. Tuttavia, quando il gas comincia a espandersi attraverso lo spazio interstellare, si comporta come una palla di neve che rotola da un pendio: i resti in espansione creano un effetto di accumulazione del gas sottile che permea lo spazio interstellare. Dopo alcune migliaia di anni, il residuo è composto in larga misura dal gas interstellare accumulato, mentre dei resti della stella esplosa non restano altro che infime tracce. I residui di supernova si collocano lungo o vicino al piano galattico della Via Lattea.

Le migliori osservazioni di nebulose dalla Terra



Le nebulose sono fra gli oggetti più belli da guardare attraverso un piccolo telescopio. Servirà una buona carta stellare, come quelle contenute nello *Sky & Telescope's Pocket Sky Atlas*, e sarà meglio cominciare con un bersaglio facile, come la Nebulosa di Orione, che si può sbirciare già a occhio nudo o con un binocolo, prima di ammirarla con il proprio telescopio. Per regioni H-II come la Nebulosa di Orione, forse i telescopi migliori sono quelli a basso rapporto focale (il numero preceduto dal simbolo f), come l'Orion ShortTube 80 Equatorial Refractor (per maggiori informazioni su questo particolare strumento, vedi [Capitolo 4](#), dove spiego come usare un telescopio per andare a caccia di comete). Per nebulose più piccole come la Nebulosa Anulare, che descriverò fra breve, il telescopio Meade ETX-90 (vedi [Capitolo 3](#)) rappresenta un'ottima scelta per un principiante.



Di seguito trovate l'elenco di alcune delle più belle e luminose (o più scure, se si tratta di nebulose oscure) nebulose visibili dall'Emisfero Nord, inclusi alcuni oggetti del cielo australe che non si trovano molto a sud sull'equatore celeste:

- ✓ **la Nebulosa di Orione**, Messier 42 (vedi [Capitolo 1](#)), in Orione.

La Nebulosa di Orione, una regione H-II, è facilmente visibile a occhio nudo come una macchia indistinta nella spada di Orione. È molto bella se vista attraverso un binocolo e spettacolare con un piccolo telescopio. Il telescopio mostra anche il Trapezio, una brillante stella quadrupla (vedi [Capitolo 11](#)) nella nebulosa;

- ✓ **la Nebulosa Anulare**, Messier 57, nella Lira.

La Nebulosa Anulare è una nebulosa planetaria che nelle sere estive appare alta nel cielo alle latitudini temperate nord. Come accade con

tutte le nebulose planetarie, è necessaria una carta stellare per trovarla al telescopio, a meno che non abbiate un telescopio computerizzato come il Meade ETX-90 (vedi [Capitolo 3](#)), che a un vostro comando punterà dritto verso il bersaglio;

- ✓ **la Nebulosa del Manubrio**, Messier 27, nella Vulpecula, la Volpetta.

La nebulosa del Manubrio, come quella Anulare, è fra le nebulose planetarie più facili da individuare con un piccolo telescopio. Le stagioni migliori per osservarla sono l'estate e l'autunno;

- ✓ **la Nebulosa del Granchio**, Messier 1, nel Toro.

La Nebulosa del Granchio è il residuo di una supernova esplosa nell'anno 1054, vista anche dalla Terra. Attraverso un piccolo telescopio appare come una macchia indistinta, mentre uno più potente vi mostrerà al centro due stelle vicine. Una non fa parte del Granchio, si trova solo sulla stessa traiettoria visiva. L'altra è la pulsar (vedi [Capitolo 11](#)) rimasta dopo l'esplosione della supernova. Ha una velocità di rotazione di 30 volte al secondo, e l'uno o l'altro dei suoi fasci punta verso la Terra ogni 1/60 di secondo;

- ✓ **la Nebulosa Nord America**, NGC 7000, nel Cigno.

La Nebulosa Nord America (che prende il nome dalla sua forma) è una debole ma grossa regione H-II che si può vedere a occhio nudo in una sera d'estate senza Luna, in una località buia. Per osservarla, usate la visione periferica (in altre parole: guardatela con la coda dell'occhio);

- ✓ **la Nebulosa Sacco di Carbone del Nord**, nel Cigno.

La Nebulosa Sacco di Carbone del Nord è una nebulosa oscura vicino a Deneb, che è Alfa Cygni, la stella più luminosa del Cigno. Questa nebulosa è riconoscibile a occhio nudo come una macchia scura contro lo sfondo chiaro della Via Lattea.



Anche le nebulose che si trovano a declinazioni sud moderate non si possono assolutamente perdere. Sono visibili ovunque nell'Emisfero Sud ma anche da molti punti nell'Emisfero Nord:

- ✓ **la Nebulosa Laguna**, Messier 8, nel Sagittario;
- ✓ **la Nebulosa Trifida**, Messier 20, nel Sagittario.

Entrambe sono ampie e luminose regioni H-II che si possono vedere insieme nello stesso campo visivo del telescopio. Il momento migliore per osservarle è durante le serate estive. Una fotografia a colori mostra che la Trifida ha una zona rossa brillante e una zona blu separata, più fioca. La zona rossa è la regione H-II e quella blu è una nebulosa a riflessione.



Venendo alle fantastiche nebulose del cielo australe, si possono segnalare:

- ✓ **la Nebulosa della Tarantola**, nel Dorado, il Pesce Rosso.

La Nebulosa della Tarantola si trova nella Grande Nube di Magellano, ma è una regione H-II talmente grande e luminosa da essere ben visibile anche a occhio nudo per un osservatore che si trovi a latitudini sud moderate o estreme. La Tarantola è un altro degli oggetti da osservare se si fa una crociera nei Mari del Sud, oltre alla Croce del Sud e allo Scrigno di Gioie (vedi “Gli ammassi stellari: i nostri consociati galattici” in questo capitolo);

- ✓ **la Nebulosa della Carena**, nella Carena.

La Nebulosa della Carena, situata vicino all’instabile stella Eta Carinae (vedi [Capitolo 11](#)), è un’ampia e luminosa regione H-II;

- ✓ **il Sacco di Carbone**, nella Croce.

Il Sacco di Carbone, una nebulosa scura, è una grossa toppa nera che si trova molti gradi a lato della Via Lattea. In una notte serena con il cielo scuro non può sfuggirvi, sempre che vi troviate alle profonde latitudini dell’Emisfero Sud (fra l’altro Crux, la Croce, è il nome ufficiale di quella che i più conoscono come Croce del Sud);

- ✓ **la Nebulosa Eight Burst** (Anello del Sud), NGC 3132, nella Vela.

La Eight-Burst è una nebulosa planetaria nota anche come Anello del Sud; somiglia alla Nebulosa ad Anello della Lira, ma è un po' meno luminosa.



Sull' Hubble Heritage Image Gallery, all'indirizzo <http://heritage.stsci.edu/gallery/gallery.html>, trovate alcune delle più belle immagini a colori di tutti i tempi, a proposito di nebulose, ma anche di galassie e di oggetti celesti dello spazio profondo.

Un'altra grandiosa fonte di fotografie nebulari e di altri oggetti celesti è il sito dell' Astronomy Picture of the Day (<http://apod.nasa.gov>).

Il controllo sulle galassie

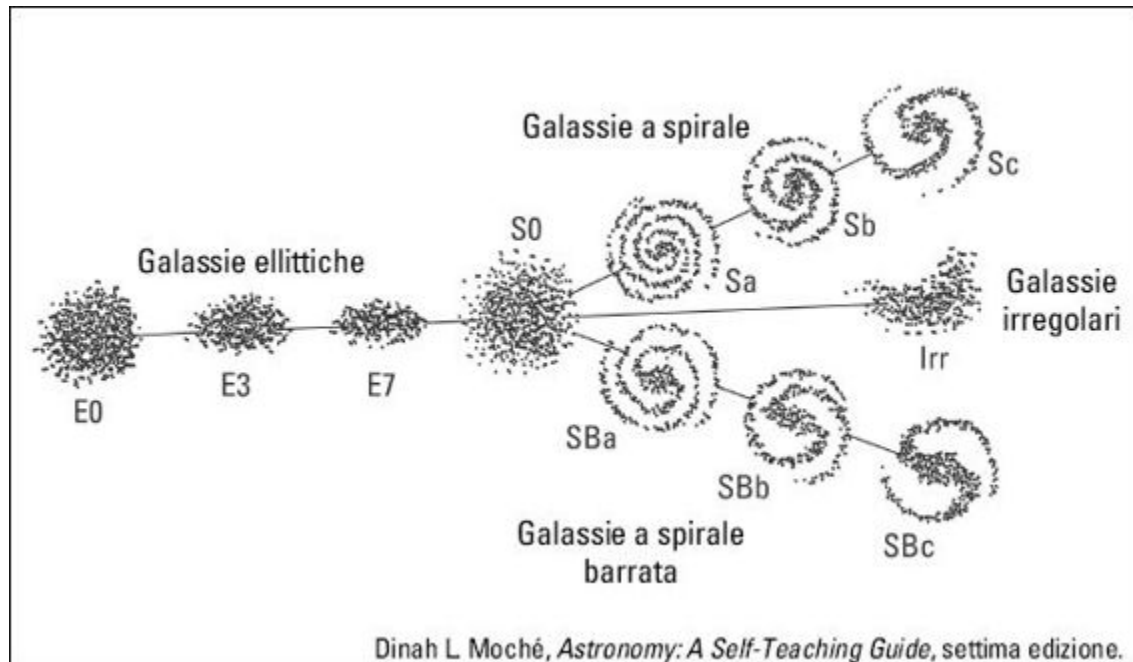
Una galassia di grandi dimensioni è composta da migliaia di ammassi stellari e da miliardi di singole stelle, o addirittura miliardi di miliardi, tenute insieme dalla forza di gravità. Anche la Via Lattea rientra in questa categoria, come grossa galassia a spirale. Ma le galassie si presentano anche con forme e dimensioni differenti (per uno schema dei tipi principali, vedi [Figura 12.5](#)).

I principali tipi di galassia, classificati secondo forma e dimensioni, sono:

- ✓ spirale;
- ✓ spirale barrata;
- ✓ lenticolare;
- ✓ ellittica;
- ✓ irregolare;
- ✓ nana;
- ✓ a bassa luminosità.

Di seguito descriverò tutti questi tipi e mi soffermerò sulle galassie che vale la pena osservare, sulla casa della Via Lattea, ossia il Gruppo Locale e sui gruppi più grandi di galassie, come gli ammassi e i superammassi.

Figura 12.5 Le galassie si presentano con forme e dimensioni differenti.



Uno sguardo alle galassie a spirale, a spirale barrata e lenticolari

Le *galassie a spirale* hanno forma a disco, con bracci a spirale che le avvolgono. Possono assomigliare alla Via Lattea oppure avere bracci che le avvolgono in maniera più o meno stretta. Il bulge centrale della galassia può essere più o meno rilevante in proporzione ai bracci. Nella [Figura 12.5](#), le galassie a spirale sono suddivise in base alla *sequenza di Hubble*, Sa, Sb e Sc (ebbene sì, anche la classificazione delle galassie porta il nome di Edwin Hubble). Man mano che si procede in questa sequenza da Sa a Sc (e anche oltre, tipo Sd), i bracci attorno alla spirale sono sempre meno stretti e i bulge centrali meno grossi.

Le galassie a spirale contengono molti gas interstellari, nebulose, associazioni OB, ammassi aperti, oltre che ammassi globulari. Troverete

una foto di una galassia a spirale nella galleria a colori del libro.

Le *galassie a spirale barrata* sono galassie a spirale in cui i bracci non sembrano emergere dal centro della galassia, ma sporgono dalle estremità di una nube di stelle allungata o a forma di ovale che attraversa il centro, chiamata *barra*. Gas provenienti da zone più esterne della galassia potrebbero incanalarsi verso il centro attraverso la barra, formando nuove stelle nel bulge che diventa così sempre più cospicuo. Queste galassie includono i tipi SBa, SBb e SBc rappresentati in [Figura 12.5](#). La sequenza da SBa a SBc (e oltre, SBd non è rappresentata in Figura) va dalle spirali barrate con bracci stretti e bulge relativamente grossi a quelle con bracci aperti e bulge piccoli.

Una galassia è una galassia

Scrivere galassia o galassie più e più volte può essere ripetitivo. Ma quale può essere un buon sinonimo per galassia? Alcuni, che non hanno una gran competenza (e lo stesso vale per i loro editor), scrivono “ammasso stellare”, ma è sbagliato. Inoltre, anche un grosso gruppo di galassie non è un “ammasso galattico”, che è sinonimo di ammasso aperto di stelle all’interno di una galassia. Al contrario, gli astronomi definiscono un grosso gruppo di galassie con il nome di “ammasso di galassie”. L’ammasso è composto di *galassie*, per cui al limite l’aggettivo corretto dovrebbe essere “galassiano”, non galattico.

Le *galassie lenticolari* sono sistemi appiattiti con dischi galattici, come le galassie a spirale. Contengono gas e polveri, ma non hanno bracci a spirale. In [Figura 12.5](#) queste galassie sono classificate come S0.

Esaminiamo le galassie ellittiche

Le *galassie ellittiche* hanno una forma compresa tra un cerchio e un ovale, cioè alcune sono ellissoidali, altre sferiche. Possono essere bellissime da vedere, sono la mia passione. Contengono molte stelle anziane, ammassi globulari e poco altro. In [Figura 12.5](#), le galassie ellittiche sono classificate

secondo la sequenza di Hubble da E0 a E7, partendo dalle più tonde fino a quelle più eccentriche.

Le galassie ellittiche sono sistemi in cui il processo di formazione delle stelle è ampiamente o totalmente terminato. Non contengono regioni H-II, né giovani ammassi stellari o associazioni OB. Immaginate di vivere in una di queste noiose galassie dove non c'è niente di simile alla Nebulosa di Orione per distrarvi o per dare vita a nuove stelle. Non troverete molto nemmeno in TV, probabilmente.

La produzione di nuove stelle nelle galassie ellittiche potrebbe essersi fermata, perché tutto il gas interstellare è stato utilizzato per formare le stelle già presenti nella galassia. Oppure perché qualcosa ha fatto dissipare o disperdere tutto il gas residuo adatto a formare nuove stelle. Ho scritto "adatto" perché alcune galassie ellittiche, sebbene del tutto prive di regioni H-II o di gruppi di stelle giovani, contengono a tutti gli effetti del gas estremamente caldo, così caldo e sottile da brillare solo ai raggi X. Un gas in questo stato non si condensa facilmente in una stella. Ma per essere sinceri, alcune galassie ellittiche sfoggiano un discreto numero di ammassi stellari bluastri, che sembrano essere ammassi globulari molto giovani, molto più giovani di tutti quelli presenti nella Via Lattea.



Una delle teorie che vanno per la maggiore riguardo alle galassie ellittiche, o almeno ad *alcune* galassie ellittiche, è che si formino attraverso la collisione e la fusione di galassie più piccole. La collisione di due galassie a spirale, per esempio, può produrre una grossa galassia ellittica, e le onde d'urto dell'evento potrebbero far comprimere le grosse nubi molecolari presenti nelle spirali, dando vita a grossi ammassi di stelle giovani e calde, forse proprio gli ammassi stellari bluastri scoperti in alcune ellittiche. Ma la collisione di una piccola galassia a spirale con una più grande potrebbe portare soltanto all'assorbimento della prima da parte della seconda, aumentando ulteriormente il bulge centrale della galassia a spirale di maggiori dimensioni.

Gli astronomi che guardano verso lo spazio profondo trovano molti esempi di galassie in collisione o in fase di fusione. Più lontano nello spazio si guarda (in altre parole si esamina l'universo in un periodo più antico) e più queste fusioni sembrano essere frequenti. A quanto pare, le collisioni fra galassie erano più frequenti nell'universo antico e potrebbero aver contribuito alla formazione di molte delle galassie visibili oggi.

Uno sguardo alle galassie irregolari, alle nane e a quelle di bassa luminosità

Le *galassie irregolari* hanno forme che tendono a essere... decisamente irregolari. Al loro interno si potrebbe trovare l'embrione di una piccola galassia a spirale, oppure no. In generale contengono gas interstellare freddo in abbondanza, e nuove stelle che si formano in continuazione. Di solito appaiono più piccole delle galassie a spirale ed ellittiche pienamente formate, con un numero molto inferiore di stelle. Potete vedere una galassia irregolare rappresentata in [Figura 12.5](#), indicata con l'abbreviazione *Irr*.

Anche le *galassie nane* sono esattamente quello che si può dedurre dal loro nome: galassie molto piccine che possono avere un diametro di appena qualche migliaio di anni luce (o anche meno). Le galassie nane si suddividono in galassie nane ellittiche, sferoidali, irregolari e a spirale. Biancaneve aveva solo sette nani, ma l'universo potrebbe avere miliardi di galassie nane. Nei boschi dietro casa nostra, ossia nel Gruppo Locale di Galassie, le galassie più comuni sono quelle nane, proprio come nella Via Lattea le stelle più comuni sono le più piccole, le nane rosse. Probabilmente ciò è valido anche nel resto dell'universo.

Spesso, le galassie nane sono insolitamente ricche di materia oscura, una sostanza (o un insieme di sostanze) misteriosa di cui parlerò nel [Capitolo 15](#).

In [Figura 12.5](#) non ci sono galassie nane, perché Hubble non le ha incluse quando realizzò il diagramma originale. Non incluse nemmeno il prossimo tipo di cui parleremo, le galassie a bassa luminosità, perché non erano ancora state scoperte. Già, nessuno è perfetto, come abbiamo già detto.

Le *galassie a bassa luminosità* vennero riconosciute come categoria a sé nel 1990. Alcune di esse sono grandi quasi quanto le altre galassie, eppure brillano a mala pena. Sebbene abbiano il serbatoio pieno di gas, non lo hanno usato per produrre molte stelle, per questo non appaiono molto luminose. Per molti anni gli astronomi non le hanno nemmeno viste mentre scrutavano i cieli, ma ora stiamo cominciando a individuarle con le più avanzate fotocamere elettroniche. Gli astronomi hanno scoperto alcune galassie di bassa luminosità molto piccole, che sono le galassie meno luminose di tutte. Io le chiamo “galassie a lampadina fioca”. Chissà cos’altro c’è là fuori che ancora non siamo stati in grado di vedere...

Alcuni astrofisici ritengono che il grosso della massa dell’universo potrebbe essere rappresentato da galassie di bassa luminosità che non abbiamo ancora contato con esattezza.

Le galassie più belle da osservare



Per guardare le galassie in maniera ottimale, utilizzate telescopi come quelli che suggerisco nel paragrafo: “Le migliori osservazioni di nebulose dalla Terra”, in questo capitolo. Per grosse galassie, come Andromeda e il Triangolo, si consiglia l’uso di un telescopio con basso rapporto focale (vedi [Capitolo 3](#)). Per le galassie più piccole vi consiglio di utilizzare un telescopio con controlli computerizzati che si puntino da soli nella direzione esatta. Lo *Sky & Telescope’s Pocket Sky Atlas* e altri atlanti mostrano la posizione delle grosse galassie fra le costellazioni.

Per le galassie più piccole, vi consiglio di seguito quelle più belle da osservare.



Premesso che quando parlo della stagione migliore dell'anno per vedere le galassie, mi riferisco alle stagioni dell'Emisfero Nord (non dimenticate che quando nell'Emisfero Nord è autunno i brasiliani si godono la primavera), le più belle galassie visibili da questo Emisfero includono:

- ✓ **la Galassia di Andromeda** (Messier 31, vedi [Capitolo 1](#)), in Andromeda, una costellazione che porta il nome di una principessa etiope della mitologia greca.

La Galassia di Andromeda è anche detta Grande Galassia a Spirale di Andromeda, ed è stata a lungo nota come Grande Nebulosa a Spirale di Andromeda, o solo Nebulosa di Andromeda. A occhio nudo ha l'aspetto di una chiazza indistinta, visibile nel cielo autunnale. Da una località buia potete trovarla con un binocolo più o meno a cavallo del 3°, cioè a sei volte la larghezza lunare. Non cercate di guardare questa galassia con la Luna piena, il risultato non sarà dei migliori; aspettate che la Luna sia appena crescente o sotto l'orizzonte. Più la notte è buia, più dettagli della Galassia di Andromeda riuscirete a vedere;

- ✓ **NGC 205 e Messier 32**, in Andromeda.

NGC e Messier 32 sono due piccole galassie ellittiche compagne della Galassia di Andromeda. Alcuni esperti le definiscono entrambe galassie ellittiche nane, altri no (mi piacerebbe che prendessero una decisione, prima o poi). M32 ha forma sferoidale, NGC 205 ellissoidale;

- ✓ **il Triangolo o Galassia Girandola** (Messier 33), nel Triangolo.

Il Triangolo, o Galassia Girandola, è un'altra grossa, luminosa galassia vicina, più piccola e leggermente meno luminosa della Galassia di Andromeda; è anch'essa molto bella da vedere con un binocolo, in autunno;

- ✓ **la Galassia Vortice** (Messier 51), nei Cani da Caccia (vedi [Figura 12.6](#)).

La Galassia Vortice è più lontana e debole delle galassie di Andromeda e del Triangolo, ma ne trarrete una visione grandiosa usando un piccolo telescopio di alta qualità. È una spirale che si presenta “di

faccia”, perché il suo disco galattico è più o meno perpendicolare alla traiettoria visiva dalla Terra. Con telescopi più grandi, magari quelli di una Festa delle stelle (vedi [Capitolo 2](#)) sarete in grado di individuarne la struttura a spirale a una distanza di circa 23 milioni di anni luce. Fu proprio osservando Messier 51 che, nel 1845, il Terzo Conte di Rosse (William Parsons) scoprì la struttura a spirale delle galassie (forse anche perché possedeva il telescopio più grande del mondo). Cercatela in una bella serata buia di primavera;

✓ **la Galassia Sombrero** (Messier 94), nella Vergine.

La Galassia Sombrero si presenta “di taglio”, come una grande galassia a spirale, ed è così che gli astronomi la classificavano fino a poco tempo fa. Tuttavia, teorie più recenti sostengono che la Sombrero sia una gigantesca galassia ellittica con una struttura interna che in qualche modo ricorda quella di una galassia a spirale. *L’orlo* del Sombrero è il disco galattico della struttura a spirale. Una lunga striscia scura compare lungo l’orlo a causa del fatto che le nebulose oscure, o sacchi di carbone, presenti sull’orlo sono di taglio rispetto alla nostra linea visiva. Cercate la Galassia Sombrero in primavera; è un po’ più lontana della Galassia Vortice, ma è comunque bella da vedere al telescopio.

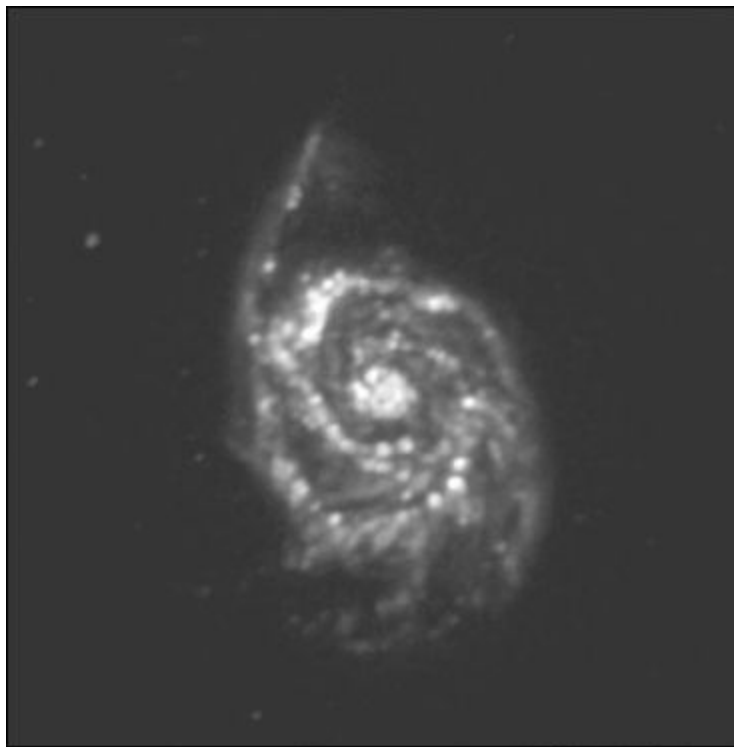


L’elenco che segue presenta le galassie più belle per un osservatore dell’Emisfero Sud:

✓ **la Grande e la Piccola Nube di Magellano** (LMC e SMC) sono galassie irregolari che orbitano attorno alla Via Lattea. La Grande Nube non è solo più grande, ma anche più vicina alla Terra. Orbita a soli 169.000 anni luce da noi (più o meno). Per molti anni gli scienziati credettero fosse la galassia più vicina alla Via Lattea, mentre oggi sappiamo che due deboli e misere galassie, chiamate Galassia Nana del Sagittario e Galassia Nana del Cane Maggiore, sono anche più vicine. Ma è difficile riuscire a vederle nelle fotografie dei telescopi perché la Via Lattea le sta assorbendo.

La LMC e la SMC si presentano davvero come grosse nubi nel cielo notturno. Sono grandi, luminose e circumpolari in quasi tutto l'Emisfero Sud. In altre parole, non scendono mai sotto l'orizzonte alle basse latitudini sud. Recandosi abbastanza a meridione in Sudamerica o altrove nell'Emisfero australe, le LMC e SMC saranno visibili in tutte le notti limpide dell'anno. Setacciatele con un binocolo per vedere quante stelle e nebulose siete in grado di riconoscere.

Figura 12.6 La Galassia Vortice, fotografata a luce ultravioletta dal satellite GALEX.



Per concessione NASA/JPL/Caltech.

- ✓ **la Galassia dello Scultore** (NGC 253) è una grossa galassia a spirale, una delle più polverose. Caroline Herschel, che scoprì anche otto comete, la individuò nel 1783. Gli abitanti dell'Emisfero Sud possono cercarla con un binocolo o un telescopio nelle buie notti di primavera. Gli osservatori europei e degli Stati Uniti continentali che hanno la visuale sgombra sull'orizzonte sud possono cercarla in basso nel cielo autunnale;

- ✓ **Centaurus A** (NGC 5128) è un'enorme galassia dall'aspetto particolare: è sferoidale, ma presenta una grossa striscia di polveri scure che ne attraversa il centro. Questa galassia è una potente sorgente di onde radio e raggi X, ed è stata studiata a lungo dai telescopi dei satelliti orbitanti. Gli astronomi hanno ponderato attentamente l'ipotesi che possa essere una collisione fra galassie. Alcuni astronomi sospettano che si tratti di un altro oggetto celeste come la Galassia Sombbrero: una galassia ellittica gigante con una struttura a spirale al suo interno. Indipendentemente da quale di queste due teorie sia corretta, credo che la Galassia Centaurus A si sia inghiottita una galassia più piccola o due in tempi antichi, perciò guardatela da una distanza di sicurezza, prima che inghiotta anche voi! Quest'oggetto si presta particolarmente per l'osservazione autunnale nell'Emisfero Sud.

Alla scoperta del Gruppo Locale di Galassie

Il Gruppo Locale di Galassie, o più brevemente Gruppo Locale, vanta più di 50 membri. Include due grosse galassie a spirale (la Via Lattea e la Galassia di Andromeda), una spirale più piccola (il Triangolo), le loro galassie satellite (incluse la Grande e la Piccola Nube di Magellano, ma anche la M32 e la NGC 205) e un buon numero di galassie nane.

Il Gruppo Locale non è il massimo che un assembramento di galassie possa raggiungere, ma è casa nostra, oltre che la struttura più grossa a cui noi terrestri siamo legati dalla gravità (nel senso che la Terra non sta volando via dal Gruppo Locale mentre l'universo si espande). Così come il sistema solare non si sta ingrandendo, visto che la gravità del Sole impedisce ai pianeti di allontanarsi o scappare, anche il Gruppo Locale tiene duro grazie alla gravità delle sue tre galassie a spirale e delle galassie più piccole.

Al contrario, tutti gli altri gruppi e ammassi di galassie, e anche le galassie individuali più distanti si stanno effettivamente allontanando dal Gruppo Locale, a una velocità determinata da una formula chiamata *Legge di Hubble* (che prende il nome da... non c'è più bisogno di ripeterlo). Il [Capitolo 16](#) vi spiegherà di più su questo moto di allontanamento.

Il Gruppo locale ha un diametro di 1 mega parsec e il suo centro è vicino alla Via Lattea. Un *parsec* è un'unità di misura di distanza spaziale pari 3,26 anni luce, e *mega* sta per "milione", per cui il Gruppo Locale è largo circa 3,26 milioni di anni luce, ossia circa 30 miliardi di miliardi di chilometri. Questa misura potrebbe sembrare grande, ma alcuni esperti pensano che sia anche maggiore. A ogni modo, il Gruppo Locale è minuscolo, se confrontato con la vasta distesa dell'universo osservabile.

Gli ammassi e i super ammassi di galassie sono molto più grandi del Gruppo Locale, e sono visibili nello spazio anche attraverso miliardi di anni luce. Ma la maggior parte delle galassie dell'universo, almeno di quelle visibili, si trova in piccoli gruppi di una sola decina di membri o anche meno, come il Gruppo Locale (che ne conta una trentina). Per cui, in termini di quartiere galattico, sembra che noi siamo nella media.

Un'occhiata agli ammassi di galassie

La maggior parte delle galassie può anche trovarsi in gruppi piccoli come il Gruppo Locale, ma quando gli astronomi analizzano i cieli lontani con i telescopi professionali degli osservatori, le formazioni di spicco sono gli ammassi di galassie. I più notevoli sono i cosiddetti *ammassi ricchi*, con centinaia o addirittura migliaia di galassie, ognuna delle quali con il suo equipaggiamento di miliardi di stelle.

Il grande ammasso più vicino a noi è l'Ammasso della Vergine, che si estende lungo la costellazione omonima e quelle adiacenti. Questo ammasso si trova a circa 54 milioni di anni luce e contiene più di mille galassie.



Con il vostro telescopio potete osservare alcune delle più grosse e luminose galassie dell'Ammasso della Vergine. Messier 87 è una delle visioni migliori: è una galassia ellittica sferoidale gigante da cui fuoriesce un potente getto di materia a causa della vicinanza di un buco nero supermassivo. Potete vedere la M87 con un telescopio amatoriale, ma non il getto al centro, a meno che non siate un dilettante *molto* esperto.

Sembra che questa galassia ne abbia inghiottite altre, probabilmente è il motivo per cui è così grande. Alcune galassie nascono piccole e devono lavorare molto per crescere! Messier 49 e Messier 84 sono altre due galassie ellittiche giganti dell'Ammasso della Vergine che potete osservare, mentre Messier 100 è una grossa spirale di questo ammasso. Cercate queste galassie in una notte buia di primavera nell'Emisfero Nord. Usate un telescopio computerizzato che si punti da solo su di loro. Oppure, se non vi fidate dei computer, assicuratevi di avere a portata di mano una buona mappa stellare che ne indichi la posizione.

Ci sono ammassi di galassie fino a dove i nostri telescopi riescono a vedere. Con le nostre attuali tecnologie, all'inizio del XXI secolo stimiamo che ci siano circa 100 miliardi di galassie nel cielo osservabile, ma nessuno le ha contate tutte; nessuno che si trovi sul nostro pianeta, almeno.

Misuriamo i superammassi, i vuoti cosmici e le Grandi Muraglie

Si potrebbe pensare che un grosso ammasso di galassie, con un diametro che può raggiungere i 3 milioni di anni luce, sia il massimo raggiungibile. Ma indagini dello spazio profondo rivelano che la maggior parte degli ammassi di galassie è raggruppata in formazioni più grosse, dette *superammassi*. I superammassi non stanno insieme grazie alla forza di gravità, però non si sono nemmeno ancora disfatti. Hanno l'aspetto di lunghi filamenti oppure di focacce piatte. Un superammasso può contenere una decina di ammassi di galassie, oppure centinaia di questi ammassi, e può essere lungo fino a 100 o 200 milioni di anni luce.

Noi ci troviamo nella parte esterna del Superammasso Locale, chiamato a volte Superammasso della Vergine, che ha il suo centro vicino all'Ammasso di Galassie della Vergine.

Sembra che i superammassi si trovino sui bordi di grosse zone dell'universo relativamente vuote, dette *vuoti cosmici*. Il più vicino è il Vuoto di Boote, che misura più di 300 milioni di anni luce di diametro. Alla sua periferia ci sono molte galassie, ma al suo interno non se ne vedono molte.

A scoprire il Vuoto di Boote fu l'astronomo Robert Kirshner: quando gli porsero i complimenti per la scoperta, pare abbia risposto con qualcosa di simile a un modesto: “In fondo un *vuoto* non è niente...”

Alcuni tra i superammassi più grossi sono detti *Grande Muraglia*. La prima Grande Muraglia che è stata scoperta si trova a circa 750 milioni di anni luce dalla Terra. Ma più lontano nell'universo potrebbero trovarsi Grandi Muraglie ancora più grosse. Per quanto ne sanno gli astronomi, sulle Grandi Muraglie non ci sono grandi murali, ma hanno ugualmente molto da dirci sulle origini delle grandi strutture dello spazio e sulla storia antica dell'universo. Se solo fossimo in grado di capire la loro lingua.

Far parte del Galaxy Zoo per la scienza e per divertimento

Ora che conoscete i principali tipi di galassie, perché non aiutate gli astronomi a esaminare le numerose belle immagini di galassie scattate dall'Hubble Space Telescope? Come per gli altri progetti di Citizen Science descritti a fine [Capitolo 11](#), tutto quello che vi serve sono il vostro cervello e il vostro computer, con accesso a Internet.

Iscrivendovi al Galaxy Zoo sul sito www.galaxyzoo.org, unirete i vostri sforzi a quelli di altre 250.000 persone che hanno aiutato gli astronomi a studiare galassie lontane catturate dalle immagini degli strumenti che scandagliano il cielo da Terra. Ma questo lavoro è terminato, ora i guardiani dello Zoo chiedono aiuto per le immagini scattate dall'Hubble.

Una volta iscritti al Galaxy Zoo, studierete le immagini delle galassie attraverso esempi, per imparare come classificarle. Dopodiché potrete darvi da fare per analizzare le foto dell'Hubble in modo da dare una mano agli astronomi a scoprire nuovi dati sull'universo. Nel primo anno di attività del Galaxy Zoo, almeno 150.000 volontari, detti *Zooiti*, hanno classificato più di 50 milioni di galassie, separando quelle a spirale da quelle ellittiche. Di recente, i rapporti degli Zooiti hanno ribaltato la convinzione che tutte le galassie ellittiche siano rosse. Le loro scoperte hanno mostrato che solo un terzo circa delle galassie rosse sia a spirale.

Una volontaria del Galaxy Zoo, l'insegnante olandese Hanny Van Arkel, ha scoperto nel Leone Minore la presenza di un oggetto che non somigliava a nessun tipo di galassia. È entrata nella storia dell'astronomia come scopritrice di questo strano oggetto, chiamato *Hanny's Voorwerp* (che in olandese significa Oggetto di Hanny). La signora Van Arkel ha fatto davvero la parte del leone, con una scoperta davvero ruggente!

Tenete presente che, aderendo al progetto Galaxy Zoo, potrete sbirciare le immagini del telescopio Hubble gratis! È un bel *bonus*, visto che per visitare la maggior parte dei planetari si paga.

Capitolo 13

Un tuffo tra buchi neri e quasar

In questo capitolo

- ▶ I misteri dei buchi neri
- ▶ Una sorpresa sui quasar
- ▶ Identificare i differenti tipi di nuclei galattici attivi

I buchi neri e i quasar sono due tra gli argomenti più interessanti e talvolta mistificati dell'astronomia moderna. Fortunatamente per noi astronomi, i due soggetti sono collegati. In questo capitolo spiegherò i collegamenti che legano questi due misteri della natura e vi darò informazioni sui nuclei galattici attivi, un gruppo di cui fanno parte anche i quasar.

Forse attraverso il vostro telescopio non riuscirete mai a vedere un buco nero, ma vi posso garantire che quando dite alla gente di essere un astronomo, la prima domanda è sempre: “Che cos'è un buco nero?”. Ho già menzionato brevemente i buchi neri nel [Capitolo 11](#), ma in questo vi offrirò una trattazione più completa.

I buchi neri: meglio tenersi a distanza

Un buco nero è un oggetto dello spazio la cui gravità è così potente da intrappolare perfino la luce, e questo li rende invisibili.

Potete cadere *dentro* un buco nero, ma non *fuori* da un buco nero. Non potete uscirne neanche volendo (e lo vorreste di sicuro). Non potete

nemmeno chiamare casa, perciò E.T. (nel film del 1982) fu fortunato ad atterrare in California e non dentro a un buco nero.

Qualunque cosa finisca dentro a un buco nero, per uscirne avrebbe bisogno di uno slancio molto più grande di quanto ne potrà mai avere. Il nome ufficiale di questo “slancio” è velocità di fuga. Gli scienziati aerospaziali utilizzano il termine *velocità di fuga* per indicare la velocità che un razzo o un qualunque altro oggetto deve avere per sfuggire alla forza di gravità della Terra ed entrare nello spazio interplanetario. Gli astronomi applicano questo termine, con un significato analogo, a qualsiasi oggetto nell’universo.

La velocità di fuga sulla Terra è di 11 chilometri al secondo. Oggetti celesti con forza di gravità minore hanno velocità di fuga inferiori (la velocità di fuga su Marte è di soli 5 chilometri al secondo), mentre oggetti con gravità maggiore hanno velocità di fuga superiori. Su Giove la velocità di fuga è di 51 chilometri al secondo. Ma un buco nero è il campione universale di velocità di fuga. La sua forza di gravità è tanto potente che la velocità di fuga dovrebbe essere maggiore di quella della luce (300.000 chilometri al secondo). Nulla, nemmeno la luce, può sfuggire a un buco nero (perché dovrebbe essere in grado di viaggiare a una velocità superiore a quella della luce e nulla, inclusa la luce, viaggia più veloce).

Nel 2011, un gruppo di fisici riferì i risultati di un esperimento con il quale aveva scoperto che alcuni neutrini (un tipo di particella subatomica descritta nel [Capitolo 10](#)) viaggiano più veloci della luce. Una simile scoperta sarebbe andata contro un certo numero di leggi della fisica, se fosse stata corretta, ma non lo era. Gli studiosi alla fine capirono che la causa dell’errore era un connettore elettrico mal collegato. Gli scienziati non erano improvvisamente impazziti, ma la situazione era abbastanza sgradevole.

Alcuni scienziati hanno avanzato l’ipotesi dell’esistenza di una classe teorica di particelle, dette *tachioni*, che possono muoversi a una velocità maggiore della luce. Effettivamente, se i tachioni esistessero, non potrebbero mai viaggiare a una velocità *inferiore* di quella della luce. Tuttavia, l’ipotesi dell’esistenza di queste particelle non trova largo consenso, e finora non ne è stata scoperta nessuna.

L'album di famiglia dei buchi neri

Gli scienziati possono individuare un buco nero: tramite i gas che vi ruotano intorno e che sono troppo caldi per trovarsi in condizioni normali; tramite getti di particelle ad alta energia che fuggono come per evitare di caderci dentro (questi getti non provengono dall'interno del buco nero, ma dalle sue immediate vicinanze); tramite stelle che percorrono le loro orbite a velocità eccezionali, come se fossero attratte dalla gravità di un'enorme massa invisibile (e infatti avviene proprio così).

Come già detto nel [Capitolo 11](#), gli scienziati suddividono i buchi neri in due categorie:

- ✓ **buchi neri di massa stellare:** hanno la massa di una grossa stella (da circa 30 a 100 volte più massiva del Sole) e sono il risultato della sua morte;
- ✓ **buchi neri supermassivi:** queste enormità sono da centinaia di migliaia fino a più di 20 miliardi di volte la massa del Sole e si trovano al centro di alcune galassie. Potrebbero essere il risultato della fusione di molte stelle vicine fra loro o del collasso di enormi masse di gas avvenuto durante la formazione della galassia. Nessuno lo sa con certezza.

Nel 1999 gli scienziati scoprirono anche dei buchi neri di massa intermedia, con una massa compresa tra alcune centinaia fino a forse 10.000 masse solari, ma non sanno come si siano formati.

Uno sguardo all'interno di un buco nero

Un buco nero è composto da tre parti:

- ✓ **orizzonte degli eventi:** il perimetro del buco nero;
- ✓ **singolarità:** il cuore del buco nero, formato dalla definitiva compressione di tutta la materia che contiene;
- ✓ **oggetti cadenti:** la materia che cade dall'orizzonte degli eventi verso la singolarità.

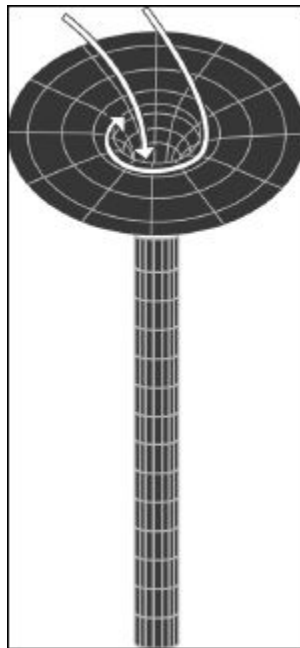
I paragrafi che seguono descrivono queste tre parti più dettagliatamente.

L'orizzonte degli eventi

L'orizzonte degli eventi è una superficie sferica che definisce il buco nero (vedi [Figura 13.1](#)). Oltrepassato l'orizzonte degli eventi, un oggetto non può più uscire dal buco nero o tornare a essere visibile dall'esterno; inoltre, niente che si trovi all'esterno è visibile dall'interno dell'orizzonte degli eventi.

La dimensione dell'orizzonte degli eventi è proporzionale alla massa del buco nero. Se raddoppiamo le dimensioni del buco nero, il suo orizzonte degli eventi sarà largo il doppio. Se gli scienziati conoscessero un modo per rimpicciolire la Terra al punto da trasformarla in un buco nero (non lo conosciamo ma, se anche fosse, non vi direi mai come farlo!), il nostro pianeta avrebbe un orizzonte degli eventi con un diametro inferiore a due centimetri.

Figura 13.1 Rappresentazione di un buco nero; le frecce indicano la materia condannata a cadere al suo interno.



La [Tabella 13.1](#) offre un elenco delle dimensioni dei buchi neri. I due buchi neri più grandi della tabella sono situati al centro di galassie ellittiche giganti, che rappresentano le galassie più luminose e massive dei rispettivi ammassi di galassie in cui si trovano (per gli ammassi di galassie, vedi [Capitolo 12](#)).

Tabella 13.1		Misure dei buchi neri
<i>Massa (in unità di masse solari)</i>	<i>Diametro (in chilometri)</i>	<i>Commenti</i>
3	18	Il più piccolo buco nero di massa stellare
10	60	Tipico buco nero di massa stellare
100	600	Il più grande buco nero di massa stellare
1.000	6.000	Buco nero di massa intermedia
4 milioni	24 milioni	Buco nero supermassivo al centro della Via Lattea
6,3 miliardi	37 miliardi	Buco nero supermassivo all'interno di M87, nell'Ammasso della Vergine
21 miliardi	130 miliardi	Buco nero supermassivo all'interno di NGC 4889, nell'Ammasso della Chioma

Per quanto ne sanno gli scienziati, non esistono buchi neri più piccoli di tre masse solari e con larghezza inferiore a 18 km.

La singolarità e gli oggetti cadenti

Cadere nell'orizzonte degli eventi significa inoltrarsi inesorabilmente verso la singolarità, diventarne parte, unirsi a un'entità fisica che gli scienziati ritengono infinitamente densa. Ignorando del tutto le leggi fisiche che regolano una densità così immensa, non possiamo descriverne le condizioni. Abbiamo letteralmente un buco nero anche nelle nostre conoscenze.

Alcuni matematici ritengono che nella singolarità possa trovarsi un tunnel, un passaggio dal buco nero verso un altro universo. Il concetto di tunnel ha ispirato scrittori e registi cinematografici nella produzione di un considerevole numero di opere di fantascienza, ma tanto gli scrittori quanto i registi tirano a indovinare. Molti esperti ritengono che i tunnel non esistano; inoltre, anche credendoci, gli scienziati non potrebbero vedere i tunnel dentro i buchi neri né scivolarvi all'interno.

Secondo un'altra teoria, nel punto in cui l'ipotetico tunnel si collega a un altro universo esiste un *buco bianco*, un luogo dove una quantità enorme di energia fluisce verso l'altro universo, come un dono da parte del nostro. Anche quest'idea sembra sbagliata, ma anche se fosse corretta, per vederne uno dovremmo viaggiare verso un altro universo, il che è fuori discussione. L'altra possibilità è di cercare buchi bianchi nel nostro, ognuno di essi potrebbe essere un termine del tunnel proveniente da un altro universo. Gli scienziati non hanno mai trovato niente del genere.

Qualcuno in passato ha ipotizzato che i quasar potessero essere buchi bianchi. Tuttavia, oggi gli astronomi possiedono ottime spiegazioni per i quasar (come vedremo più avanti nel paragrafo: "I quasar: al di là di ogni definizione").

Uno sguardo ai dintorni di un buco nero

Ecco cosa gli scienziati hanno osservato nelle vicinanze di un buco nero:

- 1. la materia gassosa che cade verso il buco nero gira in una nube appiattita definita *disco di accrescimento*;**
- 2. avvicinandosi al buco nero, il gas del disco di accrescimento diventa più denso e più caldo.**

Il gas si scalda perché la gravità del buco nero lo comprime, provocando l'aumento della frizione mentre il gas si addensa (questo processo ricorda il modo in cui funzionano condizionatori e frigoriferi: espandendosi il gas si raffredda, condensandosi si riscalda);

- 3. avvicinandosi al buco nero, il gas più denso e più caldo diventa luminescente. In altre parole, il disco di accrescimento brilla.**

Le radiazioni di un disco di accrescimento possono assumere molte forme, ma la più comune sono i raggi X. Telescopi a raggi X (come quello che si trova sul satellite della NASA Chandra X-ray Observatory, in orbita intorno alla Terra) rilevano le immagini a raggi X e permettono agli scienziati di individuare i buchi neri. Potete vedere le immagini del telescopio Chandra sul sito gestito dal Chandra X-ray Center (<http://chandra.harvard.edu>), cliccando sul link “Photo Album”.



Pur non vedendo effettivamente un buco nero al telescopio, potete individuare le radiazioni emesse dal disco di accrescimento di gas caldo che vi turbina intorno, ammesso che abbiate un telescopio a raggi X nello spazio. I raggi X non passano attraverso l'atmosfera terrestre, per cui il telescopio deve trovarsi in orbita.

Deformare il tempo e lo spazio

Possiamo pensare ai buchi neri come luoghi in cui il tessuto del tempo e dello spazio è deformato. Una linea retta (definita in fisica come il cammino percorso dalla luce nel vuoto) in prossimità di un buco nero diventa curva. Mentre un oggetto si avvicina al buco nero, anche il tempo comincia a comportarsi in modo strano, per lo meno nella percezione di un osservatore a distanza di sicurezza.

Supponiamo che, mantenendovi a distanza di sicurezza, dalla vostra nave spaziale lanciate verso il buco nero una sonda con un grosso schermo per indicare il tempo.

Mentre la sonda precipita verso il buco nero, dalla vostra astronave guardate l'orologio. Vi accorgete che, mentre la sonda si avvicina al buco nero, l'orologio va sempre più piano. In realtà, non vedrete mai la sonda cadere nel buco nero. La vedrete solo diventare sempre più rossa a mano a mano che la luce dello schermo subisce il *redshift* causato dalla potente gravità

del buco nero, non per l'effetto Doppler (vedi [Capitolo 11](#)), ma per un fenomeno chiamato *redshift gravitazionale*. La luce dello schermo si sposta verso lunghezze d'onda più lunghe, proprio come l'effetto Doppler sposta la luce di una stella in allontanamento dall'osservatore verso lunghezze d'onda maggiori. Arriva il momento in cui la gravità sposta la lunghezza d'onda della luce dello schermo verso le onde infrarosse, che i vostri occhi non sono in grado di vedere.

Consideriamo ora cosa vedreste a bordo della sonda (non provate a farlo da casa. Anzi, non provate a farlo da nessuna parte). Potete guardare l'orologio all'interno della sonda e lanciare uno sguardo indietro attraverso una finestra. Voi, lo sfortunato osservatore a bordo, vedete il tempo sull'orologio scorrere normalmente. Non avete la minima percezione che esso scorra più lentamente. Guardando fuori dalla finestra verso la nave madre e le stelle, queste vi sembreranno sempre più blu. E anche voi sentirete il "blue" (nel senso inglese di "triste") al solo pensiero che non potrete mai più tornare a casa. Oltrepasserete un confine invisibile (l'orizzonte degli eventi) in men che non di dica. Da quel momento in poi, non potrete mai più vedere quello che si trova al di fuori dell'orizzonte degli eventi, né chi sta fuori potrà più vedere voi.

Una persona che si trova sulla nave madre non vi vedrà mai entrare nel buco nero; avrà solo la percezione che vi avvicinate sempre di più; invece, sulla sonda voi vi renderete conto di esserci appena caduti dentro. Ammesso che siate ancora vivi. Alla fine, la forza di marea, un effetto dell'immensa gravità, strappa qualunque cosa cada in un buco nero, per lo meno lungo una dimensione (quella verso la singolarità). A rendere la situazione peggiore, nelle altre due dimensioni, la forza di marea vi schiaccia senza pietà.

Entrando nel buco nero di piedi, se non siete già stati fatti a pezzi, la forza di marea vi allungherà talmente tanto da diventare membri onorari della National Basket Association. Purtroppo, dall'ombelico alla schiena e da un'anca all'altra subirete compressioni molto superiori al carbone che diventa diamante alle immense pressioni del sottosuolo terrestre.

I buchi neri di massa stellare sono i più pericolosi, proprio come alcuni ragni piccoli sono più velenosi di una grossa tarantola. Se cadete verso un

buco nero di massa stellare verrete fatti a pezzi e schiacciati ancor prima d'entrare, morendo prima di vedere l'universo che scompare. Invece, cadere dentro un buco nero supermassivo è tutta un'altra storia. Cominciando a cadere all'interno dell'orizzonte degli eventi, vedrete l'universo scomparire prima di essere catturati dal destino della marea (o è la marea del destino?).

Visto e considerato che i buchi neri si trovano tutt'intorno a noi nell'universo e che hanno tutte queste affascinanti e strane caratteristiche, potete capire perché gli scienziati vogliano studiarli, ma a distanza di sicurezza.

Guardare le stelle mentre un buco nero le inghiotte

La storia della persona inghiottita da un buco nero che ho raccontato è del tutto ipotetica, tuttavia la forza di marea di un buco nero è una minaccia reale, in grado di fare a pezzi qualsiasi cosa o quasi: l'unica eccezione è un altro buco nero: non può essere distrutto da un altro buco nero. Al contrario, due buchi neri si fondono, formando un buco nero più grande. Se una stella si avvicina troppo a un buco nero supermassivo molto grande, con una massa di 100 volte il Sole o più, il buco nero la inghiotte ancor prima di farla a pezzi. Così, a volte è possibile osservare una stella mentre un buco nero la distrugge, altre volte no.

Gli astronomi stimano che, in una tipica galassia con un buco nero supermassivo al centro, ogni 100 secoli circa, una stella si avvicini abbastanza da essere distrutta dal buco nero in modo visibile. Dovrete aspettare un po' fissando il cielo, prima di assistere a un *evento di distruzione mareale*, il termine tecnico per la morte della stella per mano di un buco nero. Non avendo tutto questo tempo a disposizione, gli osservatori utilizzano telescopi robotizzati dotati di grosse fotocamere digitali per tenere sotto controllo migliaia di galassie. Sono alla ricerca di eruzioni luminose, cioè di aumenti di luminosità che possono durare settimane o mesi, che segnalino la distruzione mareale di una stella. Se tenete sott'occhio 10.000 stelle con uno strumento automatizzato, potete aspettarvi di cogliere uno di questi eventi circa una volta l'anno.

Negli ultimi anni, gli astronomi hanno individuato molti eventi compatibili con una distruzione mareale. Un esempio di questo tipo si verificò il 31

marzo 2010, quando un prototipo di telescopio per il Panoramic Survey Telescope & Rapid Response System (Pan-STARRS, <http://pan-starrs.ifa.hawaii.edu/public>) sul Monte Heleakala, alle Hawaii, scoprì un'eruzione in corso su una galassia fioca e senza nome nella costellazione del Drago, a circa 3 miliardi di anni dalla Terra. Gli osservatori del Pan-STARRS presero misure precise dell'eruzione mentre la luminosità aumentava e diminuiva, finché fu vista per l'ultima volta il primo settembre dell'anno successivo. Si procurarono anche le osservazioni in luce ultravioletta dal satellite NASA Galaxy Evolution Explorer (potete visitarne il sito all'indirizzo www.galex.caltech.edu).

Mettendo insieme tutti i dati, i ricercatori giunsero alle seguenti conclusioni:

- ✓ un buco nero centrale, di massa pari a circa 3 milioni di volte quella del Sole, stava facendo a pezzi una stella che aveva iniziato il suo ciclo di vita in modo molto simile al Sole;
- ✓ la sfortunata stella era diventata una gigante rossa, come un giorno farà anche il Sole (vedi [Capitolo 10](#)) per poi perdere i suoi strati esterni. Forse gli strati esterni, composti principalmente da idrogeno, erano stati staccati in precedenza dal buco nero. L'unica cosa rimasta della stella prima dell'eruzione era il suo denso nucleo di elio, con una massa pari a circa un quarto di quella solare;
- ✓ durante l'evento distruttivo, metà del nucleo della stella si perse nel buco nero e l'altra metà fu scagliata nella galassia circostante.

Il buco nero nel centro della Via Lattea ha una massa di 4 milioni di soli, maggiore del buco nero che ha causato la distruzione della stella osservata al telescopio del Pan-STARRS. Perciò, quello che è accaduto in quella galassia senza nome a 3 miliardi di anni luce dalla Terra potrebbe accadere anche nel nostro angolo di universo. In effetti, un evento di distruzione mareale è in corso, ma la vittima in questo caso è una nebulosa. Dal 2008, gli astronomi dell'European Southern Observatory in Cile (www.eso.org/public), stanno seguendo con un telescopio da otto metri la caduta di una piccola nebulosa verso il buco nero centrale della Via Lattea, il Sagittarius A*. La nebulosa ha una dimensione di tre volte circa la distanza media tra Plutone e il Sole, la sua massa è tre volte quella della

Terra. La forza di marea sta stirando la nebulosa nella direzione di caduta schiacciandola nelle due perpendicolari.

Gli astronomi che hanno scoperto la malcapitata nebulosa stimano che la sua orbita raggiungerà la distanza minima dal buco nero a metà 2013, quando sarà probabilmente distrutta mentre parte della materia nebulare finirà nel disco di accrescimento del buco nero causando quella che potrebbe essere una luminosa eruzione.

I quasar: al di là di ogni definizione

Gli scienziati hanno almeno due definizioni per i quasar:

- ✓ **definizione originale:** *quasar* è l'abbreviazione dell'espressione inglese "QUASi-stellAR radio source" (radiosorgente quasi stellare) e indica un oggetto celeste che emette intense onde radio ma che, visto con un telescopio ordinario, sembra una normale stella (vedi [Figura 13.2](#)).

La definizione originale è diventata obsoleta perché al massimo il 10% di tutti gli oggetti che oggi chiamiamo quasar rientra in questa definizione. Il restante 90% non emette forti onde radio e gli astronomi li chiamano *quasar radiosilenti*;

- ✓ **definizione attuale:** un *quasar* è un *nucleo galattico attivo*, cioè un buco nero supermassivo con un disco di accrescimento alimentato dal materiale che proviene dalla galassia circostante.

La definizione attuale si basa sulle teorie più recenti e più accettate, maturate dopo decenni di studi, che hanno portato gli astronomi alla conclusione che i quasar siano associati a buchi neri giganti al centro delle galassie. La materia che cade nel buco nero emette grandi quantità di energia, diventando ciò che gli astronomi chiamano quasar.

Figura 13.2 La luce di un quasar è 10 miliardi di miliardi di volte più potente del Sole.



Per concessione della NASA.

Il flusso di materia di un quasar che cade nel buco nero è variabile. Quando il flusso è ampio, il quasar splende con un'energia 10 volte maggiore di quella emessa dal Sole in un secondo. Quando il flusso è scarso, tuttavia, il quasar si affievolisce fino a quando viene rattivato di nuovo da un buon pasto.

Misurazione delle dimensioni di un quasar

Tutti i quasar producono forti emissioni di raggi X mentre circa il 10% produce forti emissioni di onde radio; tutti emettono luce ultravioletta, visibile e infrarossa. Le emissioni variano nel corso di anni, mesi e settimane, addirittura nel breve intervallo di un giorno.

Una variazione significativa di luminosità nell'arco di un giorno fornisce agli scienziati un'informazione di fondamentale importanza: un quasar non può essere più grande di un *giorno luce*, ossia della distanza che la luce percorre in un giorno attraverso il vuoto. Un giorno luce è lungo appena 26 miliardi di chilometri, così un quasar, che produce una luce pari a 10 miliardi di miliardi di soli, o 100 volte maggiore della Via Lattea, non è più

grande del nostro sistema solare, che è una porzione minuscola della Galassia.

Un quasar più grande di un giorno luce non potrebbe fluttuare in modo così marcato in un così breve intervallo, come un elefante non può scuotere le orecchie alla stessa velocità a cui un passerotto sbatte le ali.

Alla velocità di un getto

I quasar, fonte di intense emissioni di onde radio, producono spesso *getti*, cioè lunghi fasci sottili in cui l'energia viene sparata fuori dal quasar sotto forma di elettroni ad alta velocità e forse anche sotto forma di altra materia in moto rapido. Spesso, questi getti sono grumosi, con globi di materia in moto radiale verso l'esterno. Talvolta, sembra che i globi si muovano a velocità superiore alla luce. Questo *moto superluminale* è un'illusione dovuta al fatto che in questi casi i getti puntano quasi direttamente verso la Terra; la materia che contengono si muove effettivamente quasi alla velocità della luce, ma non superiore.



Le migliori immagini dei getti di quasar prese dai radiotelescopi sono visibili nella galleria fotografica del sito del National Radio Astronomy Observatory (<http://images.nrao.edu>).

Studiare gli spettri dei quasar

Su molti testi si legge che gli spettri dei quasar presentano linee molto ampie, corrispondenti ai *redshift* e ai *blueshift* dei gas in moto turbolento all'interno dei quasar stessi, una velocità che può arrivare fino a 10.000 chilometri al secondo. Quest'affermazione non è sempre vera. Ci sono infatti molti tipi di quasar, e alcuni non presentano ampie linee spettrali (per maggiori informazioni sulle linee spettrali, vedi [Capitolo 11](#)).

Tuttavia, ampie linee spettrali sono una caratteristica importante di molti quasar e rappresentano la chiave di lettura dei loro rapporti con altri oggetti,

come scoprirete nel prossimo paragrafo.

I nuclei galattici attivi: benvenuti nella famiglia dei quasar

Dopo la scoperta dei quasar, gli astronomi hanno dibattuto per anni se questi si trovassero all'interno delle galassie o ne fossero separati. Oggi sappiamo che i quasar sono sempre all'interno di galassie, perché la tecnologia è migliorata fino al punto di produrre immagini telescopiche che mostrano contemporaneamente il quasar e la galassia circostante.

Quest'ultima è chiamata *galassia ospitante* del quasar (in passato, essendo un quasar anche 100 volte più luminoso della galassia ospitante, nelle foto telescopiche la galassia si perdeva nella luce del suo ospite).



Le fotocamere elettroniche hanno reso possibile questa scoperta perché sono dotate di molta più dinamica nella luminosità, rispetto alla pellicola fotografica, riescono cioè a distinguere meglio gli oggetti fiochi vicini ad altri più luminosi.

I quasar sono una forma estrema di quelli che gli astronomi oggi definiscono *nuclei galattici attivi* (AGN). Il termine indica l'oggetto centrale di una galassia che ha le caratteristiche proprie di un quasar, come: un aspetto da stella molto luminosa, delle linee spettrali molto ampie e delle variazioni di luminosità percettibili.

Esaminiamo i vari tipi di AGN

Gli scienziati distinguono gli AGN secondo la seguente terminologia:

- ✓ **quasar con forti emissioni radio (“quasar originali”)** e **quasar con deboli emissioni radio (il 90% o più dei quasar)**: queste due tipologie sono costituite da oggetti simili, con e senza forti emissioni di onde radio. Si trovano all'interno di galassie a spirale (per

approfondimenti sulle galassie, vedi [Capitolo 12](#)). Non ci sono quasar visibili all'interno della Via Lattea, mentre nel suo centro abbiamo identificato un buco nero da 4 milioni di masse solari, chiamato Sagittarius A*. Trovate questo buco nero supermassivo nella [Tabella 13.1](#);

- ✓ **oggetti quasistellari (QSO):** alcuni astronomi raggruppano i quasar con emissione di forti onde radio e quelli senza emissione di forti onde radio sotto il nome di QSO;
- ✓ **OVV:** i quasar *optically violently variable* (OVV) sono quasar con getti puntati direttamente verso la Terra. Questi quasar subiscono cambiamenti di luminosità ancora più rapidi dei quasar normali. Pensate a dei pompieri che dirigono un getto d'acqua su una persona con gli abiti in fiamme. La pressione dell'acqua può essere instabile e far pulsare leggermente il getto. Agli osservatori esterni il flusso d'acqua che esce dalla manichetta sembra costante, ma la persona che riceve il getto d'acqua percepisce tutte le variazioni del flusso mentre ne è colpita. Gli OVV sono le manichette del regno dei quasar: in effetti sono quelli che spruzzano di più;
- ✓ **BL Lac:** gergo astronomico per *oggetti BL Lacertae*. I BL Lac, come gruppo, sono AGN che assomigliano a BL Lacertae, soggetti a importanti fluttuazioni di luminosità; per anni gli scienziati hanno creduto che fossero solo un'altra stella variabile nella costellazione della Lucertola (nelle foto del cielo sembra una stella). Più tardi hanno identificato questi oggetti come una fonte di forti emissioni radio e alla fine hanno stabilito che BL Lacertae è il nucleo attivo di una galassia ospitante che si era persa nella luce del suo ospite finché i miglioramenti della tecnologia ne hanno reso possibile la fotografia.

A differenza della maggior parte dei quasar, BL Lacertae non ha ampie linee spettrali, inoltre le sue emissioni radio sono molto più polarizzate di quelle dei normali quasar radio-attivi, a esclusione degli OVV, considerati in effetti un caso limite di BL Lac; *polarizzate* significa che le onde hanno la tendenza a vibrare in una direzione preferenziale mentre viaggiano nello spazio. Le onde non polarizzate vibrano nello stesso modo in qualsiasi direzione si muovano. Così, per distinguere i

quasar a forte emissione di onde radio dai BL Lac è necessario controllare la polarizzazione dell'emissione;

- ✓ **blazar:** questo termine include sia gli OVV sia i BL Lac. I due tipi di quasar si somigliano sotto molti aspetti: entrambi sono molto variabili in luminosità, i loro getti puntano direttamente verso la Terra e sono entrambi potenti sorgenti di onde radio.

In realtà, non sono tanto sicuro che sia davvero necessario un termine unico che raggruppi OVV e BL Lac. Il mio amico dottor Hong-Yee Chiu divenne famoso per aver coniato il termine *quasar*, mentre il suo amico professor Edward Spiegel coniò il termine *blazar* alcuni anni dopo. Se anche voi scoprirete un nuovo tipo di oggetto o ne firmerete uno dei principali studi, forse avrete la possibilità di dargli un nome. Aggiungere *-ario* al proprio nome non è permesso; il termine deve descrivere le proprietà scientifiche dell'oggetto, non l'astronomo;

- ✓ **radio galassie:** queste galassie hanno nuclei attivi relativamente deboli, ciononostante producono grosse emissioni di onde radio. La maggior parte delle galassie a forte emissione radio è costituita da ellittiche giganti. Spesso producono fasci o raggi che trasportano l'energia dell'AGN su grossi lobi di emissioni radio, privi di stelle, molto più esterni e grandi della stessa galassia ospitante. Di solito un lobo si trova da un lato della galassia e un altro dall'altro lato;
- ✓ **galassie di Seyfert:** queste galassie a spirale possiedono un AGN al centro. Un AGN di Seyfert è come un quasar con ampie linee spettrali e rapide variazioni di luminosità. Può essere luminoso come la galassia che lo ospita, ma non 100 volte più luminoso come un quasar, per cui la galassia ospitante non si perde nella luce del nucleo di Seyfert.

Un nucleo di Seyfert non è un ospite esigente: è come se fosse un candidato presidenziale minore che visita una piccola città senza fare notizia. Gli abitanti locali sanno che si trova in città, ma tendono a seguire la loro routine quotidiana, invece di sciamare verso il centro per accogliere il visitatore. Carl Seyfert è il pioniere americano dell'astronomia che studiò queste galassie e i loro centri luminosi, molto prima della scoperta dell'esistenza dei buchi neri.

Esaminiamo la sorgente di potenza di un AGN

Tutti i diversi tipi di AGN hanno una caratteristica comune: sono alimentati dall'energia generata dalla vicinanza del buco nero supermassivo che si trova al loro centro.

Nelle vicinanze di un buco nero supermassivo, le stelle ruotano intorno al centro della galassia ospitante a velocità immense, permettendo agli astronomi di misurare la massa dei buchi neri. Con telescopi come l'Hubble, gli astronomi sono in grado di determinare le velocità delle stelle orbitanti, o talvolta delle nubi di gas orbitanti, misurando gli shift Doppler nella luce delle stelle o dei gas (per saperne di più sull'effetto Doppler, vedi [Capitolo 11](#)). Questa velocità indica la massa dell'oggetto centrale. Stelle che si trovano alla stessa distanza dal centro di un buco nero meno massivo orbitano più lentamente.

In un quasar o in una galassia radio di tipo ellittico gigante, il buco nero supermassivo spesso raggiunge il miliardo o più di masse solari. Nelle galassie di Seyfert, la massa del buco nero è spesso pari a circa un milione di masse solari.

Il buco nero permette all'AGN di splendere, ma solo la materia che cade nel buco nero alimenta effettivamente questa luminosità. Per far splendere un quasar è necessario che in un anno cada nel buco nero una quantità di materia con una massa 10 volte maggiore di quella del Sole.

È nato prima il buco nero o la galassia?

Un'importante scoperta ha illuminato la giornata di tutti i fan dei quasar. Gli esperti hanno scoperto una semplice relazione matematica tra un buco nero supermassivo e la galassia che lo circonda. La regione centrale della maggior parte delle galassie è detta *bulge*. Anche una galassia a spirale, relativamente piatta, può avere un bulge centrale, che può essere grande, medio o piccolo. Una galassia ellittica viene considerata un unico bulge. Sembrerebbe che ogni galassia debba pagare una tassa dello 0,2% al suo buco nero (come vorrei che l'Agenzia delle Entrate mi lasciasse andare con così poco!).

Questa inaspettata caratteristica dei buchi neri e delle galassie deve avere una relazione con il modo in cui si formano, ma gli astronomi non ne sono sicuri. È una grossa galassia a formarsi intorno a un grosso buco nero, o sono i grossi buchi neri a formarsi all'interno di grandi galassie? Gli astronomi stanno discutendo sull'argomento in una disputa che mi piace chiamare la "battaglia dei bulge".

Se nel buco nero non cade materia, l'AGN non si rivela producendo luce, emissioni radio, getti ad alta velocità e forti raggi X. Come i bambini che dipendono dal pranzo per avere energia sufficiente per affrontare le lezioni pomeridiane, il buco nero splende solo quando la materia vi cade dentro in quantità e velocità sufficienti. Dei buchi neri potrebbero nascondersi al centro di quasi tutte le galassie, ma la materia non li nutre, per cui gli astronomi vedono i quasar e gli altri tipi di AGN solo in una piccola porzione di galassie.

Proposta di un modello AGN unificato

Il modello unificato dei nuclei galattici attivi ipotizza che tutti i vari tipi di AGN siano in realtà lo stesso tipo di oggetto, apparentemente diverso se osservato da angolazioni differenti. Secondo la teoria unificata, quando osserviamo un AGN da una direzione diversa rispetto al suo disco di accrescimento e al suo getto, esso appare differente, come un uomo visto di fronte sembra diverso se lo si guarda di profilo. La teoria ipotizza inoltre che i buchi neri risucchino materia a velocità differenti, per cui alcuni AGN, ricevendo maggiore materia per secondo, sono più luminosi degli altri solo per questo motivo. Decine di scienziati scrivono dissertazioni sul Modello Unificato ogni anno; alcuni trovano prove a favore di questa teoria e altri trovano prove contro.

Personalmente credo che, attualmente, le prove sperimentali propendano a favore dell'esistenza di tipi differenti di AGN, ma credo anche che essi abbiano diverse somiglianze fondamentali. Ci occorrono maggiori informazioni prima di poterci dichiarare favorevoli all'unanimità alla teoria del Modello Unico o a qualsiasi altra teoria sugli AGN. Nel frattempo, voi cosa ne pensate? Gran parte di questa ricerca è pagata con le vostre tasse,

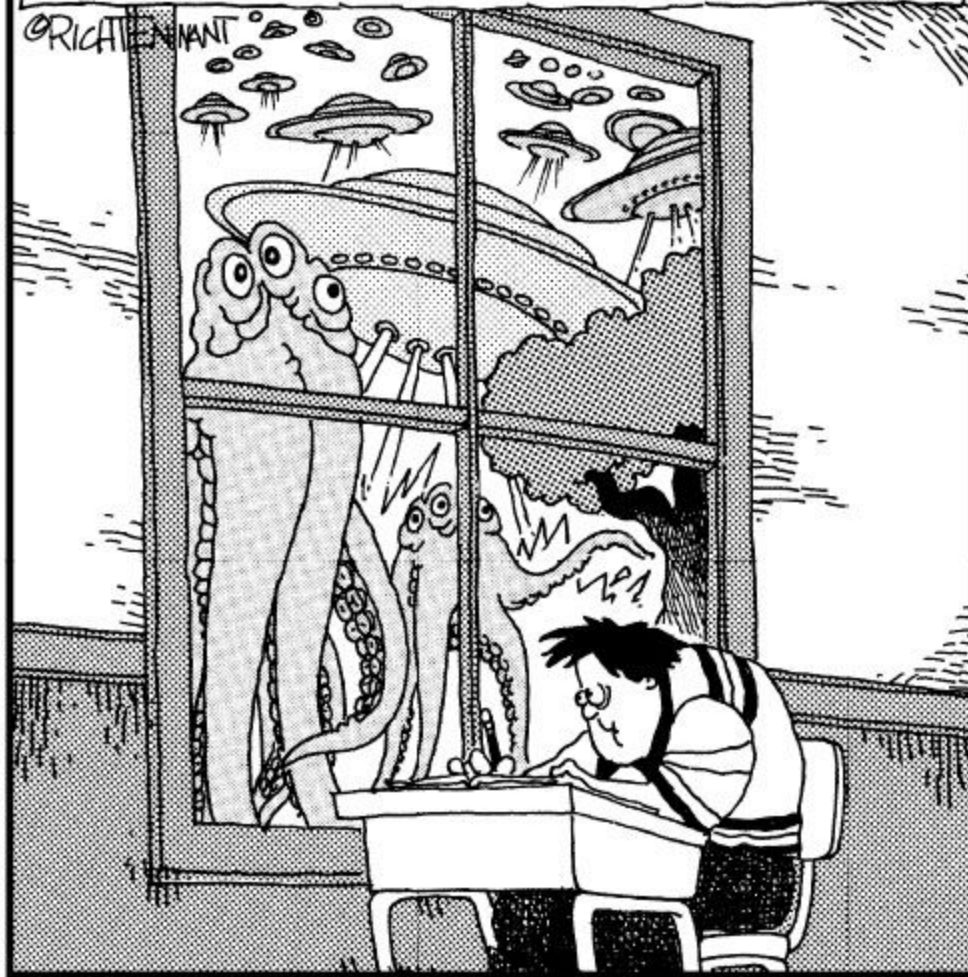
praticamente in ogni nazione sviluppata, perciò avete diritto a una vostra
opinione.

Parte IV
**Riflessioni sulle meraviglie
dell'universo**

The 5th Wave

By Rich Tennant

KENNY NON DOVEVA DISTRARSI, FU GIUSTO UN CASO SE GLI ZORLOCK INIZIARONO L'INVASIONE DELLA TERRA PROPRIO MENTRE COMINCIAVA IL SUO ESAME DI ASTRONOMIA



In questa parte...

potete consultare la [Parte IV](#) quando avete bisogno di una distrazione e di una provocazione intellettuale che vi scuota la mente. Potete leggere della Ricerca di Intelligenza Extraterrestre (SETI) mettendovi comodi, e sorseggiando un bicchiere di vino o una birra scoprirete se gli scienziati hanno qualche prova sull'esistenza di esseri verdi e con gli occhi grandi, là fuori. Incontrerete la materia oscura, l'energia oscura e l'antimateria (ebbene sì, l'antimateria esiste anche nel mondo reale, non solo nella fantascienza). E quando vi sentirete pronti, potrete passare alle riflessioni sull'universo intero: com'è nato, qual è la sua forma e quale sarà il suo futuro.

Capitolo 14

C'è qualcuno là fuori? SETI e i pianeti di altri sistemi solari

In questo capitolo

- ▶ Comprendere l'equazione di Drake
 - ▶ Esplorare e prendere parte ai progetti SETI
 - ▶ Cercare pianeti extrasolari e vedere come sono fatti
-

L' universo è così vasto e vario che viene da chiedersi: condividiamo questo regno stellato con altri esseri intelligenti? Basta guardare *Star Trek* o frequentare le sale cinematografiche per avere la risposta di Hollywood: il cosmo è pieno di alieni (molti dei quali, chissà perché, sono in grado di parlare alla perfezione la nostra lingua).

Passando invece all'opinione degli scienziati, anche la maggior parte dei ricercatori crede che la vita extraterrestri sia possibile, anzi probabile, non per nulla molti di loro sono alla ricerca di prove concrete. Il programma di ricerca è noto con il nome di SETI, *Search for Extraterrestrial Intelligence* (ricerca di intelligenza extraterrestre) alla caccia di civiltà evolute in grado di trasmettere segnali e informazioni nello spazio (al contrario ci sono altri scienziati che cercano tracce di vita primitiva su Marte o su alcuni dei pianeti del sistema solare esterno).

Questo atteggiamento così aperto da parte degli scienziati deriva in gran parte dal fatto che il nostro posto nel cosmo è decisamente un puntino irrilevante. Per noi il Sole è una stella importante, ma all'interno dell'universo gioca un ruolo trascurabile: la Via Lattea ospita 10 miliardi di stelle simili. E se questo numero non riesce a impressionarvi, sappiate che i nostri telescopi riescono a raggiungere più di 100 miliardi di altre galassie: nell'universo che possiamo osservare ci sono più stelle simili al Sole che fili d'erba sulla Terra. È piuttosto azzardato, per usare un'espressione gentile, dare per scontato che il nostro filo d'erba sia l'unico posto in cui accadono cose interessanti; la Terra potrebbe non essere l'unico centro intellettuale dell'universo, non importa quanto frustrante sia per il nostro amor proprio.

Resta la questione di come l'umanità possa imbattersi nei nostri vicini intelligenti, non potendo certo andare in visita presso le loro eventuali dimore: per quanto nella fantascienza sia una cosa da poco, in realtà viaggiare verso sistemi stellari lontani è alquanto difficoltoso. La strepitosa velocità di 50.000 km/h a cui viaggiano i razzi terrestri non è poi così impressionante, se pensate ai 1.000 secoli necessari a questi mezzi per raggiungere Alfa Centauri, la prima fermata stellare del tour dell'universo. Certo, i mezzi più veloci impiegherebbero meno tempo, ma consumerebbero molta più energia.

Sono passati più di 50 anni da quanto l'astronomo Frank Drake fece il primo tentativo per mettersi in contatto con gli alieni. Da allora, i nostri telescopi non hanno intercettato nemmeno la più fugace presenza degli extraterrestri, anche se occorre tenere bene a mente che, finora, la ricerca è stata limitata. A mano a mano che le tecnologie migliorano (e che i finanziamenti aumentano, almeno si spera), crescono anche le speranze di successo. E in un giorno non troppo lontano gli scienziati potrebbero cominciare ad arrovellarsi su un segnale proveniente dallo spazio profondo che forse ci darà preziosi insegnamenti sul senso della vita, magari, o più prosaicamente sulle leggi della fisica. Ma una cosa è certa: il segnale ci mostrerà che non siamo gli unici ragazzi del quartiere galattico.

L'equazione di Drake e SETI

Visto che per noi terrestri è piuttosto complicato andare in visita in eventuali civiltà lontane, gli scienziati tentano di provare l'esistenza di alieni tecnologicamente sofisticati intercettando il loro traffico radio. Nel 1960, l'astronomo Frank Drake cercò di ascoltare le comunicazioni cosmiche utilizzando un radiotelescopio da 26 metri di diametro in West Virginia. Se avete visto il film *Contact* (Robert Zemeckis, 1997) saprete di sicuro che un radiotelescopio è molto simile a una normale parabola satellitare dalle dimensioni esagerate. Drake collegò la sua antenna a un nuovo tipo di ricevitore molto sensibile che lavorava a 1.420 MHz, frequenza nella cosiddetta regione a microonda dello spettro radio, e poi puntò il telescopio verso un paio di stelle simili al Sole.

Il *Progetto Ozma* di Drake non riuscì a individuare gli alieni, ma provocò nella comunità scientifica un'onda di generale entusiasmo. Un anno dopo, nel 1961, si tenne la prima grande conferenza su SETI e in quell'occasione Drake cercò di dare un contributo di grande chiarezza riassumendo tutte le incognite della ricerca in un'unica equazione, oggi conosciuta come *equazione di Drake*. Gli appassionati di matematica troveranno questa semplice formula nel box dedicato "Un tuffo nell'equazione di Drake". La logica dell'equazione è semplice: l'idea è chiamare N il numero delle civiltà nella nostra galassia che utilizza attualmente un sistema radio. N dipende chiaramente dal numero di stelle adatte della galassia, moltiplicato per la frazione di stelle che possiede dei pianeti in orbita, moltiplicato per il numero di... va bene, forse è meglio leggerlo nell'apposito riquadro.

L'equazione di Drake è davvero seducente e potete sciorinarla alle feste per impressionare gli invitati. Sebbene gli scienziati conoscano o possano stimare i valori dei primi termini dell'equazione (come la velocità di formazione delle stelle in grado di ospitare pianeti o il sottoinsieme di quelle che possiedono effettivamente dei pianeti), non abbiamo nessuna reale conoscenza di alcuni dettagli come per esempio la frazione di pianeti che ospitano la vita, che sono in grado di sviluppare vita intelligente o, ancora, la durata delle società tecnologiche. Così, l'equazione di Drake continua a restare senza una risposta. Ma è comunque un modo affascinante di iniziare una discussione su SETI.

Figura 14.1 Montando su un radiotelescopio un ricevitore adatto, gli astronomi possono ascoltare i segnali provenienti da altre civiltà.



Per concessione di Seth Shostak.



Un tuffo nell'equazione di Drake

Spesso gli scienziati usano l'ingegnosa formula di Drake come base di discussione su SETI e sulle probabilità che gli esseri umani potrebbero

avere prima o poi di entrare in contatto con forme intelligenti di vita extraterrestre. L'equazione è piuttosto semplice e per comprenderla non occorrono conoscenze matematiche più complesse di quelle che si imparano in terza media.

L'equazione serve per calcolare N, il numero di civiltà della Via Lattea che trasmettono attivamente segnali radio. Come per la Bibbia, anche per l'equazione di Drake esistono svariate versioni, ma ecco a voi la formula classica in tutto il suo splendore:

$$N=R^* f_p n_e f_l f_i f_c L$$

- ✓ R^* è la velocità di formazione nella galassia delle stelle durevoli adatte a ospitare pianeti abitabili. La Via Lattea ha approssimativamente 300 miliardi di stelle e circa 13 miliardi di anni, così R^* vale circa due all'anno;
- ✓ f_p è la frazione di stelle *buone*, cioè con pianeti in orbita che potrebbero essere abitabili. Gli astronomi non conoscono il valore di questo numero, ma le ricerche più recenti di nuovi pianeti indicano che f_p vale almeno il 50%, e forse molto di più;
- ✓ n_e è il numero di pianeti per sistema solare, che possono ospitare la vita. Nel nostro sistema solare n_e vale almeno uno (la Terra), ma potrebbe essere maggiore considerando anche Marte e alcune lune di Giove e Saturno. Ma in un altro sistema cosa potrà avvenire? Chissà! Un'ipotesi plausibile è che n_e valga uno;
- ✓ f_l è la frazione di pianeti abitabili su cui effettivamente si sviluppa la vita. Possiamo ragionevolmente supporre che avvenga su molti di essi;
- ✓ f_i è la frazione di pianeti su cui la vita si evolve verso l'intelligenza. Ovviamente, f_i è un numero controverso, perché l'intelligenza potrebbe anche essere una rara casualità, nell'evoluzione biologica;
- ✓ f_c indica la frazione di società intelligenti che diventano tecnologicamente avanzate, dotandosi in particolare di trasmettitori radio o laser. Probabilmente ciò potrebbe avvenire nella maggioranza dei casi;

- ✓ L , l'ultimo termine, è la durata delle società tecnologicamente avanzate. La valutazione di L compete più alla sociologia che non all'astronomia, così la vostra stima vale quanto quella dell'autore, e magari è anche migliore.

Il numero N dipende così dal valore scelto per ognuno dei vari termini; i pessimisti ritengono che N potrebbe essere uguale a 1 (cioè siamo gli unici nella Via Lattea), al contrario Carl Sagan lo stimava vicino ad alcuni milioni. Ma cosa diceva in proposito lo stesso Drake? All'epoca la sua stima era "circa 10.000". Ma è meglio essere cauti. Se visitate il sito www.seti.org potete cimentarvi da soli con l'equazione di Drake e inserire i vostri valori per calcolare N .

Progetti SETI: in ascolto di E.T.

La maggior parte dei SETI contemporanei segue le orme di Frank Drake e, in altre parole, utilizza grossi radiotelescopi nel tentativo di intercettare segnali provenienti da civiltà aliene.

La scelta delle onde radio è suggerita da due loro fondamentali proprietà: si muovono alla velocità della luce e, allo stesso tempo, possono attraversare facilmente le nubi di gas e di polveri che riempiono lo spazio interstellare. Inoltre, i ricevitori radio sono piuttosto sensibili e questo è un presupposto necessario, visto che la quantità di energia che occorre per emettere un segnale da stella a stella è minima; usando trasmettenti grandi almeno una trentina di metri (ammesso che le posseggano anche gli alieni), l'energia in questione non è maggiore di quella che impiega la vostra emittente televisiva locale.

Supponendo che i ricercatori riescano effettivamente a intercettare un tintinnio interstellare, c'è poi da chiedersi come faranno a riconoscerlo: non si aspettano certo di ricevere il valore di π greco o qualche altro semplice segnale che proverebbe che gli alieni abbiano conseguito la terza media.

In effetti, i ricercatori di SETI si limitano a cercare segnali a banda stretta.

I segnali a banda stretta si concentrano in un intervallo ristretto della gamma di frequenze radio. Solo un trasmettitore radio dedicato emette

segnali a banda stretta: i quasar, le pulsar e persino il gas freddo di idrogeno producono onde radio, ma con un'emissione naturale ampia in frequenza, cioè sparsa per tutto lo spettro radio. I segnali a banda stretta, invece, sono firme caratteristiche dei trasmettitori, che a loro volta non possono che essere il prodotto di una civiltà intelligente: per costruire un trasmettitore occorre necessariamente intelligenza, oltre a un saldatore.

I ricercatori adottano anche un altro criterio per stabilire che un segnale possa avere origine aliena: la persistenza. In altre parole, ogni volta che si puntano i telescopi verso la sorgente del segnale questo deve essere lì; se i rivelatori registrano eventi unici, non è possibile confermare l'avvistamento, dal momento che potrebbe trattarsi di un'interferenza dei satelliti per le telecomunicazioni, di un difetto del software o dello scherzo di qualche studente universitario ambizioso.

Nei paragrafi che seguono parleremo di alcuni progetti SETI e vi spiegherò come potete aiutare le ricerche anche voi.

Il volo del Progetto Phoenix

L'esperimento SETI più significativo finora portato a termine è il Progetto Phoenix, condotto dal SETI Institute di Mountain View, in California, tra il 1995 e il 2004. Questo progetto fu l'erede di un programma SETI della NASA che il congresso bloccò nel 1993: da quella data in poi negli Stati Uniti tutti i tentativi SETI sono stati finanziati privatamente.

Il Progetto Phoenix ha puntato gli occhi su singole stelle, seguendo quella che nell'ambiente SETI è nota come *ricerca mirata*, al contrario di altri progetti in cui i telescopi si usano per coprire ampi tratti di cielo.

Ovviamente, le scansioni più ampie permettono agli scienziati di esaminare i cieli più a fondo, ma la ricerca mirata, concentrandosi solo su stelle vicine simili al Sole, ottiene in genere risultati più sensibili. In altre parole, riesce a scovare segnali di gran lunga più deboli. I ricercatori portarono avanti il Progetto Phoenix con una serie di telescopi diversi, incluso il radiotelescopio da 330 m di diametro di Arecibo in Portorico, la madre di tutte le antenne (vedi [Figura 14.2](#)).

Il Phoenix, al pari di molti altri esperimenti SETI, cercava segnali nella regione a microonde dello spettro radio. Oltre ai loro utilissimi impieghi in cucina, le microonde sono il canale di trasmissione preferito dalla popolazione SETI per due motivi:

Figura 14.2 Una immagine dell'enorme radiotelescopio di Arecibo, in Portorico, utilizzato per il Progetto Phoenix.



Per concessione di Seth Shostak.

- ✓ l'universo è piuttosto silenzioso alla frequenza delle microonde, cioè si incontra un numero minore di fenomeni elettromagnetici naturali; se ricordate, è un fatto noto anche al protagonista del film *E.T. – L'extraterrestre* di Spielberg (1982);

- ✓ il segnale naturale generato dal gas d'idrogeno si trova a 1.420 MHz, una frequenza all'interno della regione a microonde. Essendo l'idrogeno di gran lunga l'elemento più abbondante nel cosmo, qualsiasi radioastronomo alieno dovrebbe essere consapevole di questo marcatore naturale, da cui la tentazione di catturare la nostra attenzione (o di qualsiasi altra civiltà dello spazio) trasmettendo un segnale su una frequenza prossima.

Alla luce dei fatti, gli scienziati non sanno *esattamente* dove gli alieni possano sintonizzare i loro trasmettitori. Per coprire la più ampia parte possibile dello spettro radio, il Progetto Phoenix controllava molti milioni di canali contemporaneamente (nel corso del tempo, sono diventati molti miliardi di canali per ogni singola stella prescelta).

Nel 2004, anno in cui interruppe il suo programma di osservazione, il Progetto Phoenix aveva esaminato accuratamente 750 sistemi stellari simili a quello solare. Non trovò nessun segnale persistente di chiara provenienza aliena, ma questo tentativo insegnò ai ricercatori come costruire uno strumento che potesse, nel giro di alcune decadi, controllare un milione o più di sistemi stellari. Un bagaglio d'esperienza che sfociò nel tentativo di costruire l'Allen Telescope Array (vedi paragrafo successivo).

Altri progetti SETI setacciano lo spazio

Oggi, i programmi SETI che costellano il paesaggio astronomico sono diversi:

- ✓ il *SERENDIP* (*Search for Extraterrestrial Radio Emissions from Nearby Developed Intelligent Populations*, ricerca di emissioni radio extraterrestri provenienti da vicine popolazioni intelligenti evolute), condotto dall'Università della California a Berkeley, utilizza il telescopio di Arecibo in una modalità "passiva", raccogliendo dati da qualunque direzione in cui il telescopio sia puntato. Così, i ricercatori possono utilizzare il telescopio per il SETI anche mentre altri astronomi stanno studiando pulsar, quasar e altri oggetti naturali. Questo metodo casuale ripaga ampiamente in termini di tempo

d'osservazione: SERENDIP raccoglie dati praticamente tutti i giorni, per tutto il giorno.

Potete leggere le ultime notizie su SERENDIP sul sito <http://seti.berkeley.edu/SERENDIP>;

- ✓ *SERENDIP del Sud* è una ricerca condotta dal SETI Australia Centre presso l'Università di Western Sydney. Il centro utilizza un radiotelescopio da 70 metri che si trova a Parkes, nella contea delle pecore e delle zanzare, situata a un centinaio di miglia a ovest di Sydney. Anche questo esperimento segue un approccio passivo, in quanto altri astronomi, esterni al progetto SETI, ne controllano il puntamento. Per saperne di più date un'occhiata al sito <http://seti.uws.edu.au/SSERENDIP-1.html>;
- ✓ il SETI Institute e l'Università della California a Berkeley stanno costruendo un nuovo radiotelescopio chiamato Allen Telescope Array (ATA), progettato per ricerche SETI ad alta efficienza. Una volta terminato, il telescopio sarà costituito da 350 piccole antenne (2 metri di diametro) sparse su un chilometro quadrato circa sul demanio californiano (vedi [Figura 14.3](#)). Nel 2012, quarantadue antenne erano già in funzione e le osservazioni sono così iniziate.

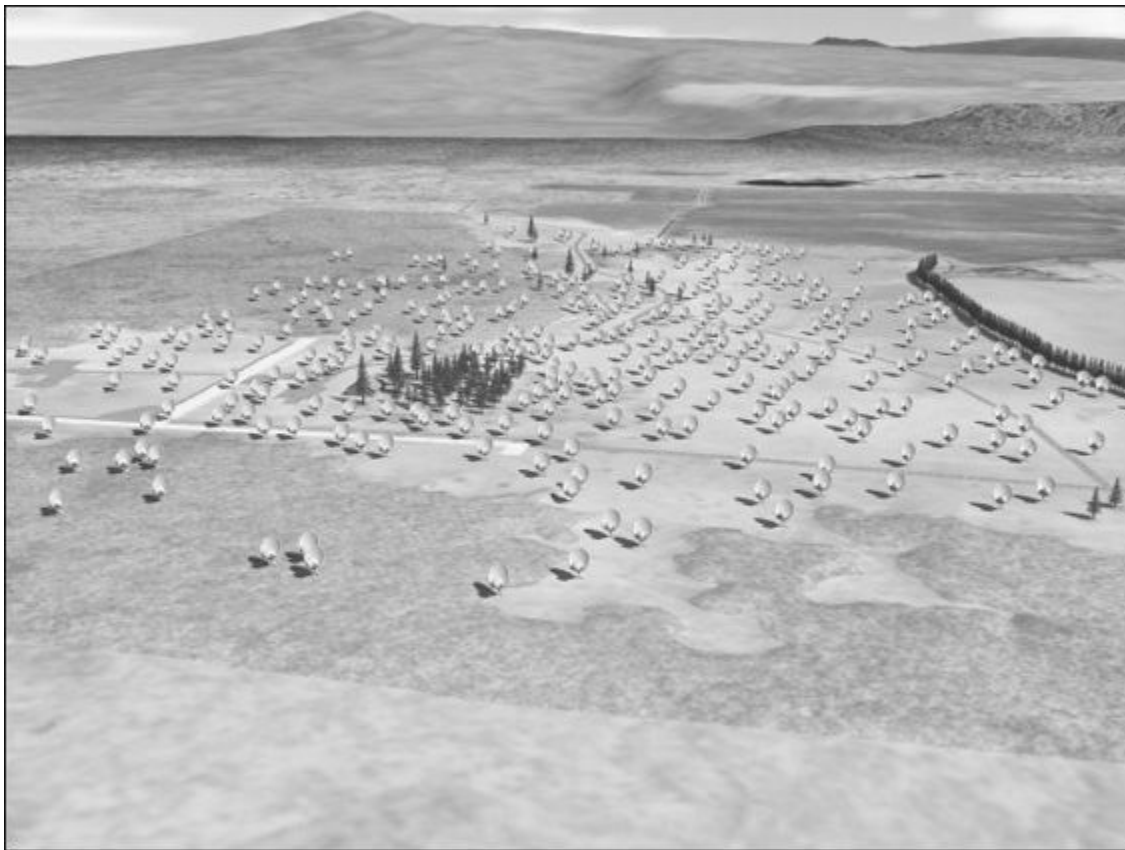
Le antenne dell'Allen Telescope Array somigliano a una squadra di nuoto sincronizzato: puntano tutte nella stessa direzione. Ma a differenza di molti strumenti SETI del passato, queste antenne possono osservare diversi sistemi stellari simultaneamente, una particolarità che sveltisce le ricerche e che consente di utilizzare questo telescopio per SETI 24 ore al giorno, sette giorni su sette. Senza dubbio l'ATA è il progetto SETI più ambizioso sviluppato sinora. Potete seguirne l'evoluzione sul sito dell'ATA www.seti.org/ata.

Oltre a questi esperimenti, stanno comparando in numero sempre crescente anche alcuni cosiddetti SETI ottici. Invece di andare a caccia di trasmissioni radio, i progetti ottici cercano brevi ma intensi flash di luce laser che potrebbero arrivarci da una civiltà desiderosa di entrare in contatto con noi. Il SETI ottico si affida a telescopi tradizionali costruiti con lenti e specchi, equipaggiati con strumenti elettronici ad alta velocità per catturare e registrare ogni impulso luminoso di provenienza aliena. Esperimenti ottici

SETI sono in corso presso l'Università della California a Berkeley, presso l'Università di Harvard e anche in altri luoghi.

Il SETI ottico all'inizio non venne preso molto seriamente, e alcuni esperti ritenevano del tutto inutili le ricerche di impulsi laser alieni. Ciononostante, lo studioso inglese Stuart Kingsley continuò per anni a sperimentare con determinazione le osservazioni ottiche presso il Columbus Optical SETI Observatory in Ohio e, più di recente, presso Bournemouth in Gran Bretagna.

Figura 14.3 Una volta completato, l'Allen Telescope Array sarà composto da 350 antenne sparse per un'area di circa un chilometro quadrato in California.



Per concessione del SETI Institute.

Un segnale luminoso proveniente da un mondo lontano potrebbe in realtà essere oscurato dalla luce del sole di quel pianeta. Questo problema è stato risolto concentrando la luce laser con uno specchio; così facendo, nel breve

miliardesimo di secondo dell'impulso, il segnale ottico trasmesso supera la luminosità di una stella. Cercare messaggi codificati inviati con impulsi laser diventa perciò possibile e i ricercatori del SETI ottico hanno già sperimentato i loro telescopi su qualche migliaio di stelle vicine senza risultati, finora.



Il SETI Institute mette a disposizione una newsletter gratuita e, se desiderate sostenere la ricerca di comunicazioni extraterrestri, potete abbonarvi sul sito www.seti.org. Se invece volete scaricare l'ultima trasmissione radio... fonica, per gli aggiornamenti su SETI e la vita nello spazio, andate su <http://radio.seti.org>.

SETI, obiettivi caldi

Il satellite Kepler della NASA, di cui parlerò più avanti in questo capitolo, continua a individuare centinaia di pianeti che ruotano intorno alle stelle diverse dal Sole. Alcuni di questi esopianeti sono grandi quanto la Terra e alcuni si trovano nei pressi delle zone abitabili che circondano la loro stella, dove l'acqua sulla superficie del pianeta può rimanere allo stato liquido. Dove c'è acqua può svilupparsi la vita, sostengono gli esperti; e se c'è vita, forse si è evoluta in forme intelligenti. Alle forme di vita intelligenti potrebbe interessare l'invio segnali radio o laser per contattare altri pianeti. Così dice la teoria. E così, i progetti SETI come l'ATA punteranno su questi pianeti per verificare se E.T. stia chiamando da casa sua.

SETI vuole te!



Ci sono almeno due dei principali progetti del SETI che sono aperti alla vostra collaborazione per cercare segnali radio di

provenienza aliena. Il primo programma ha solo bisogno di un po' del tempo libero del vostro PC. Il secondo, invece, coinvolge direttamente anche il vostro cervello, ed è alla ricerca di un aiuto per il riconoscimento di schemi sospetti nei segnali radio inviati direttamente dal telescopio.

SETI@home è un progetto che suddivide un flusso enorme di dati provenienti dai progetti SETI in corso su una notevole quantità di personal computer di persone come voi. Se vi unite a SETI@home, il vostro computer, quando è acceso ma inutilizzato, analizzerà automaticamente una piccola porzione di dati SETI.

Per partecipare alla ricerca visitate il sito <http://setiathome.ssl.berkeley.edu> e seguite le semplici indicazioni per scaricare gratuitamente il software. Da quel momento in poi, quando non usate il computer, sullo schermo apparirà uno sgargiante screensaver SETI. È il segnale che la vostra, sta masticando i dati relativi alle osservazioni, collegandosi di tanto in tanto a un server di Berkeley, in California, per inviare i risultati delle sue analisi.

Nei primi dieci anni di vita di SETI@home, più di 5 milioni di persone in tutto il mondo hanno donato volontariamente il tempo libero del proprio PC. Nei resoconti inviati alla sede del progetto ogni tanto sono emerse segnalazioni di segnali sospetti. Gli scienziati della SETI hanno analizzato questi rapporti ma purtroppo, finora, li hanno scartati tutti perché non provano l'esistenza di extraterrestri. Ma chissà, un bel giorno E.T. potrebbe chiamare e il vostro computer potrebbe identificarne lo squillo. Emozionante, no?

Prendendo parte al progetto SETILIVE, invece, dall'Allen Telescope Array saranno inviati dei dati al vostro computer in tempo reale. Potrete esaminare voi stessi questi dati alla ricerca di qualcosa di sospetto (una guida vi aiuterà a capire dove cercare) per poi spedire la vostra relazione. Nell'eventualità di un riscontro positivo, non offendetevi se, dopo aver letto il vostro rapporto sulla manifestazione di E.T., gli scienziati non balzeranno in piedi festosi per informare immediatamente le Nazioni Unite. SETI invia gli stessi segnali dell'ATA a più volontari e gli scienziati prendono in considerazione solo i casi di molteplici riscontri indipendenti. La mole di

dati che arriva è tale che è impossibile analizzarli tutti, per gli scienziati, e i volontari fungono solo da commissione selettiva. Per approfondire, date un'occhiata al sito <http://setilive.org>.

Alla scoperta di mondi alieni

Gli esopianeti sono pianeti che orbitano attorno a stelle diverse dal nostro Sole, di cui un tempo gli astronomi ignoravano completamente l'esistenza. A partire dagli anni Novanta, però ne sono stati scoperti molti e oggi il numero dei pianeti extrasolari (altro modo per definire gli esopianeti) è di gran lunga maggiore rispetto agli otto pianeti del nostro sistema solare.

Nelle prossime pagine parlerò di come le convinzioni sugli esopianeti siano cambiate nel corso del tempo e dei metodi che attualmente gli scienziati usano per individuarli. Con alcuni esempi vi presenterò i diversi tipi di esopianeti e vi parlerò dell'astrobiologia, la scienza che studia le possibilità di vita su alcuni di questi mondi alieni.

Cambiare idea sugli esopianeti

Scienziati e studiosi per secoli si sono domandati se esistessero pianeti in orbita intorno ad altre stelle, ma, data l'assenza di prove, fino a pochi anni fa in pochi credevano nell'esistenza di esopianeti. Tra i sostenitori della loro presenza, il più famoso fu Giordano Bruno, il filosofo rinascimentale italiano che, tra le altre cose, sostenne l'idea che le stelle del cielo somigliano al nostro Sole molto prima che tale verità fosse dimostrata. Ipotizzò anche che le stelle possedessero dei pianeti abitati come la Terra, ma tali idee erano quanto meno impopolari, per usare un eufemismo, e comunque Giordano Bruno finì sul rogo nel 1600.

Fino a quasi tutto il XX secolo gli astronomi continuarono a dubitare dell'esistenza degli esopianeti, credendo che i pianeti del nostro sistema solare si fossero formati in seguito a una rara semi-collisione del Sole con una stella di passaggio. La teoria sosteneva che la forza di attrazione esercitata dalla stella di passaggio avesse estratto una gran quantità di gas dal Sole che in parte si sarebbe condensata a formare i pianeti. E poiché un incontro stellare di questo tipo è incredibilmente raro, visto che la distanza

fra le stelle è di anni luce, queste collisioni rare o uniche implicavano anche l'esistenza di un numero sparuto di esopianeti, ammesso che esistessero. Nel 1990 le idee cambiarono radicalmente quando il telescopio Hubble e altri strumenti di concezione moderna rivelarono che molte stelle neonate (i Giovani Oggetti Stellari descritti nel [Capitolo 11](#)) sono circondate da nubi di gas e polveri sotto forma di disco. Le condizioni interne di queste nubi sono favorevoli alla formazione di pianeti. In altre parole, la nascita dei pianeti è un effetto secondario della normale formazione delle stelle, non il prodotto di rare collisioni stellari. Tuttavia, gli astronomi avevano bisogno di individuare realmente alcuni esopianeti per testare se effettivamente sono così diffusi come questa nuova teoria implicava.

Nel corso degli anni alcuni astronomi avevano affermato la scoperta di esopianeti, ma le loro osservazioni erano state confutate o non avevano trovato conferma. Il successo arrivò finalmente nel 1992, quando i radioastronomi individuarono due pianeti di una pulsar (descritto le pulsar nel [Capitolo 11](#)) e successivamente, nel 1995, i ricercatori scoprirono il primo esopianeta in orbita attorno a una stella normale. Molti altri astronomi si unirono alla caccia, con l'aiuto di strumenti nuovi e più potenti: a febbraio del 2012 i ricercatori avevano scoperto 760 esopianeti, e altri 2.000 possibili pianeti ancora da confermare. Il satellite Kepler della NASA continua a individuare un esopianeta dopo l'altro e un esperto che fa parte del progetto Kepler ha calcolato che nella nostra galassia potrebbero esserci 100 miliardi di pianeti.

Come scoprire gli esopianeti

Gli esopianeti sono meno luminosi della stella attorno a cui orbitano, perciò la luce di un pianeta si perde quasi sempre in quella della sua stella. Per questo motivo gli astronomi non cercano direttamente i pianeti, ma osservano invece l'aspetto delle stelle alla ricerca di una firma rivelatrice che tradisca la presenza di pianeti nascosti.

I principali indizi dell'esistenza di un esopianeta sono:

- ✓ **un'oscillazione ripetuta nel moto di una stella:** quando gli astronomi scoprono che una stella oscilla ripetutamente in avanti e

indietro e che ogni oscillazione ha una durata costante, concludono che deve possedere un compagno fantasma. La gravità porta il compagno invisibile e la sua stella visibile a seguire orbite attorno al centro di massa comune, come le due componenti di una stella binaria (vedi [Capitolo 11](#)). Ma se il compagno non è visibile, potrebbe essere più piccolo e meno luminoso di una stella, potrebbe essere cioè un pianeta. Gli astronomi hanno scoperto diverse stelle oscillanti tramite l'osservazione nel tempo dei cambiamenti del loro spettro di emissione, governati dall'effetto Doppler (anch'esso spiegato nel [Capitolo 11](#));

- ✓ **una periodica diminuzione della luminosità di una stella:** osservare con misure di precisione una piccola diminuzione della luminosità di una stella potrebbe identificare un pianeta in transito davanti al suo lato visibile, proprio come Mercurio davanti al Sole (vedi [Capitolo 6](#)). Nel transito, il pianeta blocca una piccola quantità di luce della stella e questa porzione di luce mancante indica agli astronomi la dimensione del pianeta rispetto alla stella (più il pianeta è grande, più la diminuzione di luminosità è significativa). L'intervallo tra due transiti è il tempo che il pianeta impiega a percorrere un'orbita intorno alla stella: "l'anno" del pianeta. Il satellite Kepler e quello francese CoRoT usano questo metodo del transito per scoprire gli esopianeti. Troverete un elenco parziale delle loro scoperte nella [Tabella 14.1](#);
- ✓ **breve aumento di luminosità di una stella immediatamente seguito (o preceduto) da un altro fugace aumento:** alcuni astronomi usano telescopi che monitorano migliaia di stelle contemporaneamente. Sono alla ricerca di eventi inusuali, per esempio una stella che nel corso di poche settimane aumenta notevolmente la propria luminosità per poi tornare alla sua magnitudine originale. In quelle settimane potrebbe esserci anche un secondo aumento di luminosità che dura appena poche ore o pochi giorni. Gli aumenti di luminosità sono dovuti al fenomeno della microlente gravitazionale (che spiego nel [Capitolo 11](#)). Durante questo processo, la gravità di una stella poco luminosa più vicina all'osservatore "ingrandisce" la luce della stella più distante facendola apparire più luminosa, come se fosse una lente. Il secondo e più breve incremento della luminosità, se presente, è causato dalla gravità di un pianeta in orbita intorno alla stella più vicina.

La massa dei pianeti è calcolata in base alla massa della Terra M_E (Mass of Earth) o di Giove M_J (Mass of Jupiter); le dimensioni sono calcolate in base al diametro della Terra o di Giove, rispettivamente D_E (Diameter of Earth) e D_J (Diameter of Jupiter). Il segno “?” significa che il dato è sconosciuto. La durata “dell’anno” del pianeta, cioè il periodo orbitale intorno alla stella, ha come unità di misura la lunghezza del giorno terrestre, ossia 24 ore.

Tabella 14.1					
Esopianeti interessanti					
<i>Pianeta</i>	<i>Massa</i>	<i>Dimensioni</i>	<i>Periodo orbitale</i>	<i>Distanza</i>	<i>Descrizione</i>
PSR 1257+12c	$4 M_E$?	67 giorni	1.600 anni luce	Pianeta pulsar, pianeta diamante
Kepler-20f	$1-2 M_E$	$1 D_E$	20 giorni	950 anni luce	EsoTerra
Kepler-22b	?	$2.4 D_E$	290 giorni	620 anni luce	SuperTerra in zona abitabile
GJ 1214b	$6,6 M_E$	$2.7 D_E$	1,6 giorni	42 anni luce	SuperTerra, mondo d’acqua
Gliese 581d	$6 M_E$?	67 giorni	20 anni luce	SuperTerra rocciosa, possibile pianeta Goldilock
WASP 12b	$1,4 M_J$	$1,7 D_J$	1,1 giorni	1.400 anni luce	Gioviano caldo, possibile pianeta carbone
CoRoT-9b	$0,8 M_J$	$1,1 D_J$	95 giorni	1.500 anni luce	Gioviano, banale
HIP 13044b	$1,3 M_J$?	16 giorni	2.300 anni luce	Intruso intergalattico
Kepler-16b	$0,3 M_J$	$0,8 D_J$	229 giorni	200 anni luce	Pianeta Tatooine in orbita attorno a due fantastiche stelle nane
WASP-17b	$0,5 M_J$	$2,0 D_J$	3,7 giorni	1.300 anni luce	Pianeta Controsenso, Gioviano caldo

Se la grande maggioranza degli esopianeti è stata scoperta con l'osservazione di fenomeni di oscillazione, transito e microlente, un piccolo numero di esopianeti inusuali è stato invece scoperto utilizzando altri due metodi:

- ✓ **immagini dirette:** in rari casi gli astronomi scoprono esopianeti che non spariscono nella luce delle loro stelle. Nelle foto telescopiche questi pianeti appaiono come puntini vicini alle stelle. Le fotografie scattate durante un certo periodo di tempo mostrano se il “puntino” si muove attraverso lo spazio insieme alla stella, confermando così che si tratta di un pianeta e non di un fantomatico oggetto sullo sfondo;
- ✓ **tempi di pulsazione:** i radioastronomi misurano il tempo di arrivo delle pulsazioni prodotte dalle onde radio delle pulsar, un tipo di stella morta che descrivo nel [Capitolo 11](#). Le pulsazioni rispettano un intervallo di tempo preciso, ma in alcuni casi alternano anticipi e ritardi in un modo regolare, con uno schema che continua a ripetersi, indice che, a causa della gravità di un pianeta, la pulsar sta girando attorno a una piccola orbita. Quando la pulsar si trova sul lato dell'orbita più vicino alla Terra, le pulsazioni arrivano in anticipo, percorrendo una distanza leggermente più breve. Viceversa, se la pulsar si trova sul lato più lontano, le pulsazioni arrivano in ritardo, essendo maggiore la distanza percorsa. Se la maggior parte degli esopianeti sono nati insieme alla propria stella, i pianeti delle pulsar, al contrario, probabilmente si sono formati dopo la morte della loro stella in seguito all'esplosione di una supernova.

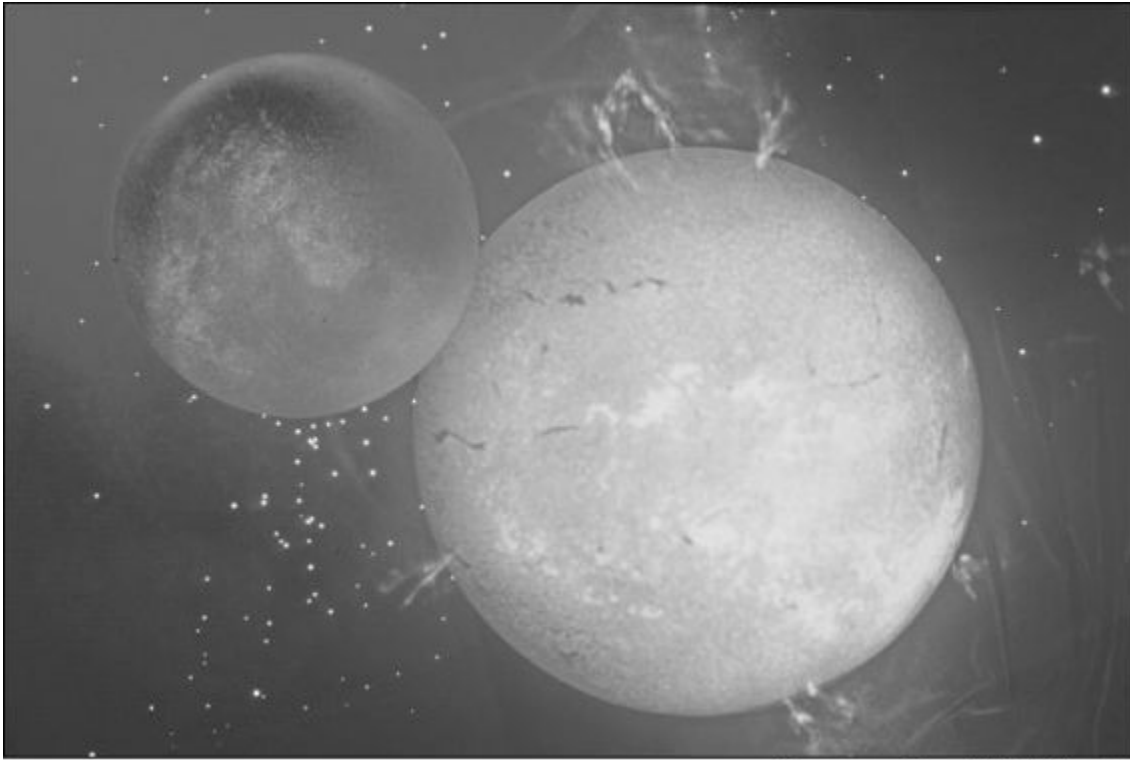
A tu per tu con gli esopianeti

L'attuale conoscenza degli esopianeti è con ogni probabilità incompleta, perché gli astronomi non ne ancora hanno scoperto tutte le tipologie, dal momento che alcuni sono troppo piccoli o troppo rari per essere studiati con le attuali osservazioni. In ogni caso, una serie di interessanti tipologie sono già state identificate, molte delle quali differiscono completamente da quelle dei pianeti del nostro sistema solare:

- ✓ **pianeta carbone:** si tratta di un mondo roccioso che possiede molto più carbone e molti meno silicati e acqua (ammesso ce ne sia) della Terra. Il suo strato superficiale potrebbe essere composto per la maggior parte da grafite (come l'anima di una matita); nel sottosuolo il carbone formerebbe uno strato di diamante (rendendolo così anche un pianeta diamante). All'interno di un pianeta carbone potrebbe trovarsi del BC8, un tipo di carbone ancora più denso del diamante e per cui non esiste un nome comune;
- ✓ **esoTerra (o, per brevità, Terra):** indica un pianeta roccioso con dimensioni e massa simili a quelle della nostra Terra;
- ✓ **superTerra:** designa un esopianeta con dimensioni e massa maggiori di un'esoTerra, ma minori di Nettuno, all'incirca. La massa di una superTerra varia da due a dieci volte quelle della Terra. Una superTerra può essere un pianeta roccioso, un pianeta di gas e ghiaccio come Urano (vedi [Capitolo 9](#)), un pianeta carbone e persino un pianeta d'acqua (descritto più avanti);
- ✓ **pianeta Goldilock:** un'esoTerra oppure una superTerra rocciosa, con condizioni superficiali che permettono l'esistenza di acqua allo stato liquido. Dovrebbe trovarsi nella zona abitabile, che è la distanza dalla stella alla quale l'acqua non si congela in modo permanente né evapora completamente. Alcuni pianeti rocciosi con atmosfere spesse potrebbero trovarsi nella zona abitabile, ma non sono Goldilock perché le loro atmosfere trattengono così tanto calore da portare la temperatura della superficie sopra il punto di ebollizione (la descrizione perfetta di Venere, come nel [Capitolo 6](#));
- ✓ **gioviano caldo:** indica un pianeta gassoso gigante come Giove (vedi [Capitolo 8](#)) che si trova molto vicino al suo sole. Molti gioviani caldi sono più vicini al proprio sole di quanto Mercurio non lo sia rispetto al nostro. L'[immagine 14.4](#) è una rappresentazione artistica dell'aspetto di un esopianeta gioviano caldo;
- ✓ **gioviano:** è invece un pianeta gassoso gigante distante dal proprio sole al punto da essere freddo, come il nostro Giove, per questo lo definisco un esopianeta "banale", anche se finora gli astronomi hanno scoperto molti più gioviani caldi che freddi;

- ✓ **intruso intergalattico:** si tratta di un esopianeta in orbita nella Via Lattea che è stato “rubato” a un'altra galassia (come spiegato nel [Capitolo 12](#), la Via Lattea, per esempio, sta gradualmente assorbendo la Galassia Nana del Sagittario);
- ✓ **pianeta nomade:** un corpo celeste con massa da pianeta che si trova nello spazio interstellare ma che non orbita intorno a una stella. Alcuni astronomi chiamano questi pianeti “erranti liberi”. I nomadi sono un'eccezione alla definizione di esopianeta come corpo celeste orbitante intorno a una stella; potrebbero essersi formati intorno a una stella per poi sfuggire dalla sua orbita. O forse sono nati in un modo a noi tuttora ignoto;
- ✓ **pianeta Tatoonie:** è un esopianeta che orbita intorno a una stella binaria, per cui ha due soli. Il nome deriva da Tatoonie, il pianeta con due soli e un paesaggio desertico su cui vive Luke Skywalker nella saga di *Guerre Stellari*;
- ✓ **Venere mareale:** indica un'esoTerra che, pur trovandosi in una zona abitabile, come Venere, è troppo calda per mantenere acqua allo stato liquido. Il nostro Venere è così caldo a causa di un'atmosfera densa che trattiene il calore del Sole, invece, un Venere mareale è arroventato dalla forza delle maree esercitata dal suo sole, che causa addirittura frizioni nel suo interno roccioso;
- ✓ **mondo d'acqua:** descrive una superTerra fatta sostanzialmente d'acqua, da confrontare con la nostra Terra che è composta da roccia e ferro, con oceani sulla superficie. Un mondo d'acqua può essere composto per più della metà da acqua, ma senza nemmeno un molo per attraccare la vostra barchetta;
- ✓ **pianeta retrogrado:** è un esopianeta che percorre l'orbita in senso contrario a quello della rotazione della sua stella sul proprio asse. Nel sistema solare tutti gli otto pianeti (e Plutone) seguono orbite dirette. In altre parole, orbitano nella stessa direzione in cui il Sole gira su se stesso: in senso antiorario, come si vedrebbe da un punto immaginario situato molto al di sopra del Polo Nord del Sole. Un pianeta retrogrado è come il famoso aviatore “Wrongway Corrigan”, che volò da New York all'Irlanda quando invece avrebbe dovuto volare verso Long Beach in California.

Figura 14.4 Rappresentazione artistica di un esopianeta gioviano caldo in orbita intorno alla stella 51 Pegasi.



Per concessione di Seth Shostak.

La [Tabella 14.1](#) elenca alcuni esempi della maggior parte di tipologie esoplanetarie. Non sono presenti né Venere mareale né l'intruso galattico: nel caso di Venere mareale gli scienziati non ne hanno ancora identificato uno con certezza (un piccolo numero di questi possibili esopianeti è attualmente in fase di studio); nel caso dell'intruso galattico, sebbene ne siano stati scoperti alcuni, non esistono ancora dettagli pubblicati. Molti degli esopianeti noti appartengono a sistemi più grandi, formati da due o più pianeti in orbita intorno alla stessa stella, come gli otto pianeti del nostro sistema solare. Mentre scrivo, i sistemi planetari esosolari di cui l'esistenza sia accertata sono 130.

Trovare pianeti per divertimento e per la scienza

Potete controllare il satellite Kepler e le sue scoperte planetarie sul sito della NASA <http://kepler.nasa.gov> e seguire lo *status* e le scoperte della

missione francese per gli esopianeti, CoRoT, su <http://smc.cnes.fr/COROT>.

Se avete un iPhone o un iPad, potete scaricare l'app gratuita Kepler Explorer, realizzata dall'Università della California di Santa Cruz. L'app elenca gli esopianeti scoperti da Kepler, mostra come orbitino attorno alla loro stella ospite e permette di scegliere singoli esopianeti per analizzarli meglio con il vostro cellulare.

Potete dare una mano alla ricerca scientifica sugli esopianeti iscrivendovi al progetto Citizen Science PlanetHunters promosso dall'Università di Yale e da Zooniverse sul sito www.planethunters.org. I partecipanti svolgono un ruolo attivo nell'analisi dei dati provenienti da Kepler.

L'astrobiologia: com'è la vita sugli altri pianeti?

L'astrobiologia è la scienza che studia la possibilità di vita nello spazio. Essendoci nella galassia 100 miliardi di esopianeti, almeno alcuni, anche un piccolo numero, statisticamente devono possedere le condizioni adatte a ospitare la vita. Purtroppo, gli scienziati hanno scoperto solo una minima parte dei 100 miliardi di pianeti di cui si suppone l'esistenza, e sono tutti molto lontani, così non è possibile osservarli con un grosso telescopio per seguire da "breve" distanza la migrazione di mandrie di dinosauri alieni.

Al momento, le strade più efficaci per esaminare la possibilità di vita extraterrestre sono due:

- ✓ lo studio degli estremofili, cioè quelle forme di vita terrestri che si sviluppano in condizioni ambientali estreme, mortali per la maggior parte delle specie viventi ordinarie;
- ✓ l'analisi tramite sonde spaziali e telescopi degli altri corpi celesti all'interno del sistema solare, alla ricerca di tracce di vita, presente e passata.

Nel prossimo paragrafo descriverò come gli scienziati utilizzino questi due metodi.

Vita dura per gli estremofili!

La maggior parte degli estremofili sono microorganismi, come i batteri, sebbene molte specie di piante antartiche siano criofili, cioè sono in grado di sopravvivere a temperature inferiori a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Altri batteri, invece, prosperano in acque tanto bollenti da causare ustioni mortali a tutti gli altri esseri viventi. Questi ipertermofili vivono per esempio nelle sorgenti calde del Parco Naturale di Yellowstone o nelle acque ugualmente bollenti di profondi sfiati oceanici a una temperatura di $125\text{ }^{\circ}\text{C}$, ben al di sopra del normale punto d'ebollizione dell'acqua ($100\text{ }^{\circ}\text{C}$), anche se alle alte pressioni delle profondità oceaniche l'acqua non bolle affatto. Gli ipertermofili conosciuti non sarebbero in grado di sopravvivere per esempio su Venere, a una temperatura in superficie di $465\text{ }^{\circ}\text{C}$ (vedi [Capitolo 6](#)), tuttavia è probabile che da qualche parte esista un pianeta moderatamente caldo, perfetto per ospitare simili organismi.

Se amate il giardinaggio, controllerete il pH del terreno per assicurarvi che non sia né troppo alcalino né troppo acido per le piante che avete intenzione di coltivare. Troppa alcalinità (o troppa acidità) possono essere fatali per la maggior parte delle specie viventi; tuttavia alcuni estremofili amano condizioni ultra-alcaline (alcalofili) oppure nuotano indisturbati in acque acide (acidofili). Nel Mar Morto un pesce morirà di sicuro (da qui il nome), mentre per alcuni batteri (alofili), al contrario, quel mare così salato risulta davvero estremamente dolce.

Alcuni batteri vivono in minuscoli fori all'interno delle rocce a più di cinque chilometri di profondità. Non potendo estrarre energia dal Sole, assorbono l'energia chimica dell'ambiente circostante. I barofili prosperano nelle profondità oceaniche, dove la pressione delle acque soprastanti è mille volte superiore a quella atmosferica al livello del mare. Gli scienziati hanno persino scoperto batteri che vivono nelle nuvole sopra le nostre teste, senza contare quelli che il vento solleva dal terreno.

Gli estremofili ci dicono che la vita è opportunista, e trovano un modo di sopravvivere e persino di nascere per la prima volta in condizioni alle quali noi non potremmo esistere. Quello che può accadere sulla Terra può anche accadere sugli esopianeti, presupponendo che la vita sugli altri pianeti sia come quella che conosciamo noi. Se esistessero possibilità di vita

completamente diverse da quelle che conosciamo, per esempio una vita che non si basa sul carbone (come sulla Terra), ma su un altro elemento, allora tutto sarebbe possibile, e molti ambienti di altri mondi potrebbero essere abitati.

Alla ricerca della vita nel sistema solare

Sarà difficile ottenere prove affidabili dell'esistenza della vita al di fuori della Terra, ma senza provarci, non lo sapremo mai. Gli astronomi hanno identificato i posti migliori in cui cercare la vita nel sistema solare (esclusa la Terra) nei seguenti luoghi:

- ✓ Marte;
- ✓ Europa, luna di Giove;
- ✓ Titano ed Encelado, lune di Saturno.

La continua ricerca dei marziani

Come descritto nel [Capitolo 6](#), c'è già stata una controversa discussione scientifica sulla presenza di fossili microscopici in una roccia proveniente da Marte. Inoltre, dall'osservazione con telescopi terrestri gli astronomi hanno ottenuto risultati ambigui sulla presenza di metano su Marte, che, se confermata, sarebbe un possibile indizio di vita batterica (alcune specie sulla Terra, infatti, lo producono e altre se ne cibano). Tuttavia, va detto che il metano, anche se fosse effettivamente presente su Marte, potrebbe anche derivare da un fenomeno geologico, come sulla Terra i gas di origine vulcanica. Quanto alla presenza di acqua, le sonde spaziali della NASA hanno mappato porzioni di terreno marziano con l'aspetto di antichi fondali oceanici e canali di inondazione, e i rover robotizzati hanno trovato rocce e minerali che potrebbero essersi formati quando le pozze d'acqua si sono prosciugate. E dove c'era acqua, poteva esserci vita. Alcuni scienziati ritengono che alcune parti di Marte siano coperte da permafrost, sotto il quale la temperatura è più alta e potrebbe esserci acqua allo stato liquido. Ma forse, attualmente, su Marte i microbi potrebbero vivere in luoghi fuori dalla portata dei rover. Comunque sia, il 6 agosto 2012 la nuova missione della NASA, la Mars Science Laboratory, è atterrata sul pianeta rosso e il

suo rover robot, Curiosity, ha cominciato a inviare immagini dalla superficie. Si prevede che la durata della missione sia di almeno un anno marziano (circa 2 anni terrestri) e il suo scopo è proprio quello di investigare sulla passata e presente capacità di Marte di sostenere la vita. Potete seguirne il viaggio attraverso lo spazio e su Marte su <http://marsprogram.jpl.nasa.gov/msl>.

Europa, ti conosciamo appena

Europa è una luna rocciosa di Giove ricoperta da uno strato superficiale di ghiaccio (vedi [Capitolo 8](#)) al di sotto del quale è completamente ricoperta d'acqua (probabilmente salata). Gli scienziati sono convinti che quest'oceano possa ospitare forme di vita microscopiche. Ma il ghiaccio è spesso due o tre chilometri e probabilmente anche di più. Anche se la NASA o un altro ente spaziale avessero i fondi per finanziare una missione, potremmo non essere in grado di sviluppare a breve mezzi ingegneristici tali da perforare il ghiaccio di Europa fino a raggiungere l'oceano sottostante. Alcuni esperti di Europa, però, sospettano che occasionalmente acqua e ghiaccio si scambino di posto. In questo caso l'acqua risalirebbe in superficie, dove gelando si fermerebbe. Se questi sconvolgimenti fossero veri porterebbero tracce della vita oceanica anche in superficie, dove una sonda da terraferma sarebbe in grado trovarle.

Titano: una Terra primordiale, forse

Titano è la più grande tra le lune di Saturno, più grande della nostra Luna, ed è dotata di una spessa atmosfera che la rende più simile a un pianeta di qualsiasi altra luna (vedi [Capitolo 8](#)). Possiede anche grandi laghi di idrocarburi liquidi, le uniche masse liquide sulla superficie di un corpo celeste del sistema solare a parte la Terra. Gli astronomi ritengono che Titano potrebbe somigliare alla Terra quando era molto giovane, prima che l'ossigeno diventasse una parte importante dell'atmosfera. Per cui, se la vita è sorta sulla Terra, lo stesso potrebbe accadere su Titano. Anche se è più freddo di quanto la Terra non sia mai stata, inoltre, Titano possiede un oceano d'acqua sotterraneo (per saperne di più leggete il [Capitolo 8](#)).

Il pennacchio di Encelado

Encelado è una luna ghiacciata di Saturno che sotto la superficie nasconde una massa d'acqua, per lo meno in prossimità del Polo Sud. Quest'acqua si congela immediatamente in minuscoli cristalli di ghiaccio che vengono espulsi dalla regione polare nello spazio. A differenza di Europa, dove l'oceano è ricoperto da uno spesso strato di ghiaccio, su Encelado l'acqua è vicina alla superficie. Grazie a questa prossimità dell'acqua alla superficie, per gli scienziati potrebbe essere più semplice raccogliere dei campioni da analizzare alla ricerca di tracce di vita.

Fantasticando sulla vita extraterrestre

Il fatto che lune come Europa, Titano ed Encelado potrebbero essere in grado di sostenere la vita ha un'importante implicazione per l'astrobiologia: quando gli astronomi pensano alla vita sugli esopianeti devono considerare le lune come pozzi. Perciò stanno cominciando a cercare le esolune perché, dove ci sono pianeti, devono esserci anche delle lune. Se un pianeta si trova in una zona abitabile ma non è adatto a ospitare la vita (per esempio perché la sua atmosfera trattiene troppo calore), potrebbe avere vicino una luna molto meglio adatta allo scopo.

Il Dottor Seth Shostak, astronomo senior al SETI Institute di Mountain View, California, ha scritto questo capitolo per le edizioni precedenti di Astronomy For Dummies. Per questa edizione l'autore, Stephen P. Maran, ha aggiornato la parte su SETI aggiungendo questa parte sugli esopianeti.

Capitolo 15

Un tuffo nella materia oscura e nell'antimateria

In questo capitolo

- ▶ Scoprire il concetto di materia oscura
- ▶ Cercare la materia oscura
- ▶ L'attrazione dell'antimateria

Le stelle e le galassie illuminano il cielo notturno, ma questi scintillanti gioielli costituiscono solo una minima parte della materia presente nel cosmo. C'è molto di più nell'universo di quanto non si possa vedere, decisamente molto di più.

In questo capitolo introduco il concetto di materia oscura, spiegando perché gli astronomi sono convinti della sua esistenza; descrivo inoltre gli esperimenti che potrebbero gettar luce sulla natura di questa materia invisibile e misteriosa. Parlerò anche di un altro tipo di materia esotica presente nell'universo: l'antimateria. Ebbene sì, l'antimateria non esiste soltanto nella fantascienza, e la versione reale è altrettanto affascinante di quella descritta da libri, film e programmi televisivi.

La materia oscura: come comprendere il collante universale

Già nei lontani anni Trenta del XX secolo, alcune evidenze sperimentali suggerirono a un astronomo che la gran parte della massa dell'universo non interagisse con la luce, né per emissione, né per riflessione, né per assorbimento.

La materia invisibile, conosciuta come *materia oscura*, funge da collante gravitazionale, permettendo a una galassia in rapida rotazione di non disperdersi nello spazio e a gruppi interi di galassie rotanti di restare uniti. Inoltre, sembra che la materia oscura abbia giocato un ruolo fondamentale nell'evoluzione dell'universo come oggi lo conosciamo, cioè un'immensa ragnatela di gruppi di galassie separate da vuoti giganteschi (vedi [Capitolo 12](#)).

Gli astronomi hanno stabilito che l'84% circa di tutta la materia presente nell'universo è costituito da materia oscura. Che pensiero frustrante. L'universo osservabile con un telescopio o semplicemente alzando lo sguardo verso la stellata del cielo notturno è solo una minima parte di quello che c'è là fuori. Volendo usare un'espressione nautica, se le galassie sono come la spuma del mare, la materia oscura è l'immenso oceano su cui galleggia.

Come raccogliere prove dell'esistenza della materia oscura

Il primo indizio della presenza di materia oscura nell'universo è del 1933: mentre analizzava i movimenti delle galassie all'interno di un grosso ammasso nella costellazione della Chioma di Berenice, l'astronomo Fritz Zwicky del California Institute of Technology scoprì che alcune galassie si muovono a una velocità insolitamente alta. In effetti, le galassie del Gruppo della Chioma si muovono talmente veloci che, secondo le leggi della fisica a noi note, la forza gravitazionale esercitata insieme da tutte le stelle e i gas visibili non è in grado di mantenere insieme le galassie e compensare la forza centrifuga che le disperderebbe nello spazio. Eppure, in modo misterioso, l'ammasso galattico rimane intatto (il Gruppo della Chioma si trova a circa 320 milioni di anni luce dalla Terra. Per maggiori dettagli sugli ammassi di galassie, vedi [Capitolo 13](#)).

Zwicky ne concluse che all'interno del Gruppo della Chioma doveva esserci una sorta di materia invisibile in grado di sopperire al quantitativo mancante per generare la corretta attrazione gravitazionale.

Spesso accade che gli scienziati non apprezzino subito una scoperta rivoluzionaria se ne dà notizia un singolo o un gruppo soltanto. Vogliono più prove fornite da esperti indipendenti, prima di riconoscere l'attendibilità delle nuove scoperte. Non stupisce, pertanto, che dopo le ricerche di Zwicky, la materia oscura non sia finita sulle prime pagine dei giornali per decenni. Molti astronomi ignorarono la pubblicazione di Zwicky oppure pensarono che studiando i moti delle galassie in maniera più dettagliata, il fondamento logico dell'esistenza della materia oscura sarebbe scomparso.

Negli anni Settanta gli astronomi cominciarono a scoprire nuove e affascinanti prove dell'esistenza della materia oscura: questo oscuro ingrediente, infatti, non soltanto sembra presentarsi negli ammassi galattici, ma appare presente anche all'interno delle singole galassie. Di seguito descriverò i principali argomenti a favore dell'esistenza della materia oscura.

La materia oscura fa orbitare le stelle in modo strano

Studiando il moto stellare in centinaia di galassie a spirale, Vera Rubin e Kent Ford della Carnegie Institution di Washington, D.C., incapparono in alcuni risultati che sembravano prendersi gioco della fisica convenzionale. La forma tipica di una galassia a spirale assomiglia a un uovo fritto appiattito, con la massa visibile (stelle e nebulose luminose) quasi tutta concentrata nel tuorlo, che gli astronomi chiamano bulge (come spiegato nel [Capitolo 12](#)). Dalle immagini si evince che la massa visibile di una spirale diminuisce rapidamente man mano che ci si allontana dal bulge.

Gli astronomi supponevano che le stelle di una galassia a spirale orbitassero intorno al centro della galassia esattamente come i pianeti del nostro sistema solare orbitano attorno al Sole. Secondo la legge gravitazionale di Newton, i pianeti esterni come Urano e Nettuno hanno un'orbita più lenta rispetto a pianeti interni come Mercurio e Venere. Perciò le stelle che si

trovano sul bordo esterno della spirale dovrebbero avere un'orbita più lenta rispetto a quelle centrali. Rubin e Ford scoprirono che non è affatto così.

Galassia dopo galassia, le loro osservazioni mostrarono che le stelle esterne orbitano rapidamente proprio come quelle interne. Data la minuscola quantità di *materia visibile* presente nelle regioni esterne, la questione fisica che si pone immediatamente è come riescano queste stelle a percorrere l'orbita così in fretta e a restare agganciate alla propria galassia, senza essere lanciate nello spazio esterno dalla forza centrifuga. Data la loro velocità, la fisica indica soltanto un esito: la fuga dalla galassia di appartenenza. Rubin aveva già trovato seri indizi di questo comportamento in alcuni dei suoi studi precedenti, ma molti astronomi non ne erano convinti (per maggiori dettagli sulla velocità di fuga, vedi [Capitolo 13](#)).

Successivamente alla pubblicazione delle scoperte di Rubin e Ford, gli astronomi conclusero che la materia visibile, cioè le stelle e i gas luminosi che compaiono nelle fotografie dei telescopi, rappresenta solo una piccola parte della massa totale di una galassia a spirale.

Sebbene la massa visibile sia in effetti concentrata verso il centro, una vasta quantità di materia deve estendersi molto oltre. Ogni galassia a spirale *deve* essere circondata da un immenso *alone* di materia oscura. Per esercitare un'attrazione gravitazionale sufficientemente forte affinché le stelle della parte esterna visibile di una galassia possano orbitare rapidamente come misurato, la materia oscura deve superare quella visibile di 10 volte. Anche altri tipi di galassie, incluse quelle ellittiche e quelle irregolari, possiedono quest'alone di materia oscura. Le galassie nane, descritte nel [Capitolo 12](#), hanno addirittura una quantità di materia oscura maggiore rispetto alle galassie più grandi.

A partire dagli anni Novanta, gli astronomi cominciarono l'osservazione degli ammassi galattici con telescopi a raggi X montati su satelliti come ROSAT e il Chandra X-ray Observatory, scoprendo che grandi aree brillano di raggi X all'interno e intorno agli ammassi. La luce proviene da uno strato di gas intra-ammasso sottile e molto caldo. Pur essendo sottile, tuttavia, il gas occupa un'area talmente vasta da accumulare una massa molto superiore alla somma delle masse di tutte le galassie dell'agglomerato.

Essendo caldo, il gas dovrebbe andare incontro a un'espansione, disperdendosi; ma al contrario, mantiene la propria posizione nell'ammasso galattico grazie alla gravità esercitata da una massa ancora maggiore della sua e di quella dell'ammasso messe insieme. La sorgente di questa potente gravità è la materia oscura presente nell'ammasso. Questa è una prova ulteriore che nel 1933 Fritz Zwicky aveva visto giusto, sostenendo che in un ammasso galattico la materia non visibile (ora definita materia oscura) è presente in grandi quantità.

La materia oscura fredda fa addensare l'universo

Anche i cosmologi (gli scienziati che studiano su larga scala la struttura dell'universo e la sua formazione) scommettono sulla materia oscura per spiegare un enigma fondamentale dell'universo: come ha fatto a evolversi da una zuppa piuttosto uniforme di particelle elementari, risultato del Big Bang (vedi [Capitolo 16](#)), fino a raggiungere l'attuale struttura basata su aggregati di ammassi e superammassi galattici?

Anche se sono trascorsi 13,7 miliardi di anni dalla nascita dell'universo, gli scienziati pensano che questo lasso di tempo non sia sufficiente alla materia visibile per concentrarsi formando le enormi strutture cosmiche che vediamo oggi.

Per risolvere quest'indovinello cosmologico, alcuni esperti sostengono che l'universo contiene un tipo particolare di materia oscura, chiamato *materia oscura fredda*, che si muove più lentamente ma si addensa in aggregati più velocemente della materia ordinaria e visibile. In reazione alla forza attrattiva di questa materia esotica, la materia ordinaria formò stelle e galassie all'interno delle più dense concentrazioni di materia oscura. Questa teoria spiega come mai ogni galassia visibile sembri avvolta da un alone di materia oscura.

La teoria sulla materia oscura è corretta? Sembra accordarsi molto bene con le osservazioni sull'universo finora note agli scienziati. L'accordo non è perfetto, però; secondo la teoria, per esempio, una galassia grande come la Via Lattea dovrebbe essere circondata da centinaia di minuscole galassie satelliti, che però non si vedono affatto. Forse la teoria andrebbe elaborata ulteriormente, o forse abbiamo bisogno di una teoria migliore sulla materia

oscura. O magari, esistono intorno a noi galassie fantasma che ancora non abbiamo scoperto.

Un'ulteriore possibilità è che gli astronomi non abbiano trovato un numero sufficiente di galassie satelliti perché molte sono state inghiottite dalle galassie maggiori intorno alle quali orbitavano, come nel caso della Galassia Nana del Sagittario e della Galassia Nana Maggiore del Cane, che la Via Lattea sta assorbendo in questo momento (come descritto nel [Capitolo 12](#)).

La materia oscura è fondamentale per la densità dell'universo

Gli astronomi hanno anche un secondo motivo cosmico per credere nella materia oscura: su larga scala, l'universo ha lo stesso aspetto in tutte le direzioni, possedendo una certa uniformità generale. Questo aspetto consistente e uniforme indica che l'universo ha raggiunto la giusta densità di materia, ossia la *densità critica* (di cui parlerò nel [Capitolo 16](#)). La quantità totale di materia visibile osservabile nell'universo non è nemmeno lontanamente sufficiente per raggiungere la densità critica, il che mette di nuovo in gioco l'esistenza della materia oscura.

Discussioni sull'aspetto della materia oscura

Ho indicato come gli scienziati possano avere svariati buoni motivi per credere nella materia oscura, ma questo non spiega cosa sia.

Parlando in generale, gli astronomi dividono i tipi possibili di materia oscura in due categorie: la materia oscura *barionica* e la materia oscura *non barionica*.

La materia oscura barionica: aggregati nello spazio

Parte della materia oscura potrebbe essere costituita dallo stesso materiale da cui sono composti il Sole, i pianeti e le persone. Questo tipo di materia oscura farebbe parte della famiglia dei *barioni*, una categoria di particelle elementari che include i protoni e i neutroni presenti nel nucleo dell'atomo. Ma non è la materia oscura fredda di cui ho parlato nel paragrafo precedente.

La materia oscura barionica include tutto quel materiale difficile da vedere che è costituito da tipologie di materia conosciute, inclusi gli asteroidi, le nane brune e le nane bianche (le nane vengono descritte nel [Capitolo 11](#)). Gli scienziati, infatti, sono in grado di individuare gli asteroidi presenti nel nostro sistema solare e le vicine nane bianche e brune della Via Lattea. Ma più lontano, nell'alone galattico, potrebbe essere impossibile individuare questi oggetti con gli strumenti che possediamo attualmente. La presenza all'interno dell'alone galattico di questi oggetti ipotetici, denominati MACHO (dall'inglese *MAssive Compact Halo Objects*, massicci oggetti compatti di alone) potrebbe spiegare gli aloni di materia oscura che circondano le singole galassie (descriverò la ricerca dei MACHO più avanti in questo capitolo). Eppure, non ne vediamo un numero sufficiente per spiegare lo sviluppo di strutture su larga scala nel cosmo. Perciò ritengo che questa teoria sia probabilmente sbagliata, e gli scienziati che l'hanno proposta dovranno inghiottire l'amaro boccone.

La materia oscura non barionica: questa sconosciuta

In alternativa, la materia oscura potrebbe essere costituita da tipi diversi di particelle subatomiche esotiche che poco somigliano ai barioni. Queste particelle includono i neutrini, che effettivamente esistono (per saperne di più, leggete il [Capitolo 10](#)), e altre con nomi come *assioni*, *squark*, *folini* e *neutralini*, che i fisici hanno inventato senza avere vere prove della loro esistenza. Ci sono vari esperimenti in corso, ma finora nessuno è stato in grado di catturare un solo assione o una qualunque altra ipotetica particella di materia oscura, o comunque non in modo soddisfacente per gli altri scienziati. Così, per quanto riguarda la materia oscura brancoliamo ancora nel buio.

Alla nascita dell'universo, durante il Big Bang (vedi [Capitolo 16](#)), potrebbe essersi formato uno zoo di particelle di materia oscura, di cui alcuni tipi potrebbero esistere tutt'oggi. Queste particelle teoriche includono l'assione, una specie di buco nero in miniatura 100 miliardi di volte più leggero di un elettrone. Sebbene gli assioni siano dei pesi piuma (se esistono), in numero sufficiente possono dare un contributo significativo alla massa cosmica. Esperimenti recenti suggeriscono che il neutrino (una particella che gli

scienziati un tempo credevano a massa nulla) ha effettivamente una massa reale, anche se molto piccola. Perciò i neutrini possono essere considerati una piccola parte di materia oscura.

Altri candidati a far parte della materia oscura sono più pesanti, circa dieci volte la massa del protone, ma comunque irrilevanti per la costituzione della materia oscura nell'universo, a meno di non presentarsi in grosse quantità. Sono inclusi in questo numero i partner non ancora individuati di particelle subatomiche quali i quark e i fotoni. Queste loro ipotetiche controparti di materia oscura sono gli squark e i fotini, nomi fantasiosi peraltro accompagnati da tutta una serie di teorie sulla materia oscura. Gli scienziati le definiscono complessivamente *Weakly Interacting Massive Particles* (particelle massive debolmente interagenti) o WIMP e le descriveremo più avanti in questo capitolo.

Una ricerca alla cieca: a caccia della materia oscura

Fisici di tutto il mondo progettano e costruiscono esperimenti che possano intercettare gli elusivi segnali rivelatori di materia oscura usando strumenti dedicati. Alcuni di questi strumenti sono concepiti per analizzare le scorie subatomiche prodotte da enormi acceleratori di particelle in grado di riprodurre per breve tempo le condizioni estreme per calore, energia e densità presenti nelle prime fasi dell'universo.

Le tecniche di ricerca devono essere innovative, dopotutto gli scienziati sono alla ricerca di una materia che è invisibile per definizione e che non interagisce con altra materia, fatta eccezione per la forza gravitazionale che esercita.

Tutti i metodi di individuazione e di misurazione della materia oscura sono indiretti, e cercare di comprendere la materia oscura non è un gioco. Essendo la forma di materia dominante nell'universo, la materia oscura ne ha profondamente influenzato lo sviluppo passato e di certo ne influenzerà anche l'evoluzione futura.

WIMP e altra materia oscura microscopica

Gli astronomi hanno scoperto la materia oscura attraverso l'osservazione delle galassie. I fisici, invece, attualmente conducono esperimenti per scoprire le particelle che compongono la materia oscura e per capire cosa siano.

Tra i principali esperimenti in corso ne segnaliamo alcuni:

- ✓ ci sono grandi rilevatori di particelle posti in laboratori sotterranei profondi, dove la roccia circostante riduce le interferenze dei raggi cosmici (particelle subatomiche elettricamente cariche, di tipi conosciuti, provenienti ad alta velocità dallo spazio). Mentre la Terra attraversa la materia oscura presente nella Via Lattea, alcune particelle di questa materia potrebbero colpire i rilevatori e venire così individuate;
- ✓ i telescopi progettati per intercettare i raggi gamma celesti, come quelli della missione spaziale Fermi Gamma-ray Space Telescope della NASA. Un'anomalia nello spettro dei raggi gamma potrebbe essere una firma del fatto che i raggi in questione provengono da particelle di materia oscura che si distruggono nello spazio;
- ✓ le batterie di telescopi terrestri che intercettano i lampi di luce visibile generati dai raggi gamma che colpiscono l'atmosfera. Un esempio eccellente è l'High Energy Stereoscopic System (HESS) in Namibia. L'analisi di questi dati, come di quelli del Fermi, può rivelare un'anomalia dei raggi gamma riconducibile alla presenza di materia oscura;
- ✓ l'Alpha Magnetic Spectrometer (AMS-02) sulla Stazione Spaziale Internazionale. L'AMS è alla ricerca di raggi cosmici insoliti che potrebbero essere prodotti dai neutralini, uno dei tipi di particelle di materia oscura teorizzati. Quando i neutralini si scontrano fra loro nello spazio potrebbero dare origine ai raggi cosmici di cui l'AMS va alla ricerca.

Ma i progressi della tecnologia hanno reso possibile anche ulteriori esperimenti sulla materia oscura:

- ✓ i potenti acceleratori di particelle, come il Large Hadron Collider (LHC, il Grande Collisore Adronico) situato vicino a Ginevra, in Svizzera, sono capaci di far collidere fra loro particelle subatomiche ad altissima energia in grado di generare particelle di materia oscura individuabili in laboratorio;
- ✓ alcuni rivelatori sotterranei di neutrini (vedi [Capitolo 10](#)) possono essere migliorati per ottenere misure più precise dei neutrini che provengono dal Sole, in modo da rivelarci le condizioni fisiche che caratterizzano l'area centrale della stella. Questi esperimenti testeranno la teoria secondo la quale il Sole avrebbe accumulato un bel po' di materia oscura concentrata intorno al suo nucleo.

Per maggiori informazioni sui principali esperimenti sulla materia oscura potete consultare i relativi siti Internet:

- ✓ **il sito del Fermi Gamma-ray Space Telescope della NASA** (www.nasa.gov/mission_pages/GLAST/main/index.html) dove potrete trovare tutte le notizie sulla ricerca della materia oscura e altre scoperte del Fermi;
- ✓ **il sito dell'Alpha Magnetic Spectrometer** (<http://ams.nasa.gov>) dove un contatore vi dirà quanti raggi gamma ha misurato da quando è stato installato sulla Stazione Spaziale Internazionale, nel maggio 2011;
- ✓ **il sito dell'High Energy Stereoscopic System** (www.mpi-hd.mpg.de/hfm/HESS) dove potrete leggere delle molte scoperte dell'HESS sulle sorgenti astronomiche di raggi gamma;
- ✓ **il Large Hadron Collider** (<http://public.web.cern.ch/public/en/lhc/lhc-en.html>), il sito pubblico dell'HLC, gestito dal CERN (Organizzazione Europea per la Ricerca Nucleare).

I MACHO: alla ricerca di un'immagine più chiara

Poiché i MACHO non sono microscopici come i WIMP, la loro ricerca è più semplice. Il metodo principale sfrutta un complicato concetto della

Teoria Generale della Relatività di Einstein: la massa distorce il tessuto dello spazio e il percorso di un'onda luminosa (come descritto nel [Capitolo 11](#)). Pertanto, un oggetto massivo che dovesse trovarsi prossimo alla traiettoria ottica tra la Terra e una stella lontana potrebbe concentrare la luce della stella facendola apparire per un istante più luminosa. Più l'oggetto è massivo (un MACHO in questo caso) più, durante l'allineamento, la stella apparirà luminosa.

In effetti, i MACHO si comportano come una lente gravitazionale in miniatura (o microlente), piegando e intensificando la luce che proviene dalla stella alle sue spalle (per le microlenti si veda il [Capitolo 11](#)).

Per cercare i MACHO, gli astronomi hanno monitorato la luminosità delle stelle che appartengono alla Grande Nube di Magellano, una delle galassie più vicine alla Via Lattea. Per raggiungere la Terra, la luce stellare proveniente dalla Nube deve attraversare l'alone della Via Lattea, per cui i MACHO che vi si trovano dovrebbero avere un effetto misurabile su questa luce. Gli astronomi hanno registrato diversi eventi nei quali le stelle della Grande Nube di Magellano hanno all'improvviso brillato più intensamente per poi tornare alla loro normale luminosità. Ma il numero di supposti MACHO rilevato da queste osservazioni non è tale da giustificare un grido di vittoria.

Come mappare la materia oscura con le lenti gravitazionali

Su una scala più ampia, gli scienziati stanno approfittando del fenomeno della lente gravitazionale per mappare la materia oscura di intere galassie e perfino di interi ammassi.

Quando un ammasso attraversa la traiettoria della luce di una galassia retrostante, la piega e la distorce (questo fenomeno è detto *lente gravitazionale*) creando immagini multiple del corpo celeste retrostante. All'interno e intorno all'ammasso, così come si vede dalla Terra, si crea un alone di immagini fantasma.

Gli astronomi hanno utilizzato il telescopio spaziale Hubble per fotografare alcuni ammassi di galassie in cui un notevole numero di immagini fantasma

di una galassia più lontana appare come un insieme di brevi archi luminosi visibili contro l'ammasso.

Per ricreare un modello esatto delle immagini fantasma osservate, la massa del gruppo in interferenza deve essere distribuita in un modo particolare. Essendo la materia oscura la maggior frazione della massa di un gruppo, il fenomeno della lente gravitazionale rivela in che modo, nell'ammasso, la materia oscura è concentrata.

Il duello dell'antimateria: come dimostrare che gli opposti si attraggono

Preparatevi a fare la conoscenza di un altro tipo di materia strana almeno quanto la materia oscura o forse anche di più: *l'antimateria*.



Il fisico britannico Paul Dirac aveva già previsto l'esistenza dell'antimateria nel 1929, combinando le teorie della meccanica quantistica, dell'elettromagnetismo e della relatività in un'elegante equazione matematica (se volete approfondire la conoscenza di queste teorie dovete cercare da soli: questo non è un libro di fisica).

Dirac scoprì l'esistenza di una particella immagine gemella per ogni particella atomica, con massa identica ma carica elettrica opposta. Per esempio, ogni protone ha il suo antiprotone così come ogni elettrone ha il suo antielettrone.

Quando una particella e la sua antiparticella si incontrano, si annichiscono a vicenda, le loro cariche elettriche scompaiono e le masse si trasformano in pura energia.

Gli astronomi hanno identificato antiparticelle di elettroni e protoni nei raggi cosmici provenienti dallo spazio profondo. L'antielettrone si chiama *positrone*, mentre l'antiprotone si chiama semplicemente *antiprotone*. L'Alpha Magnetic Spectrometer (AMS-02) che si trova a bordo della

Stazione Spaziale Internazionale (di cui ho già parlato in questo capitolo) sta cercando di rivelare tracce di antielio, che potrebbe essere presente nei raggi cosmici. In laboratorio, i fisici sono già in grado di produrre antiparticelle e addirittura interi antiatomi, come l'anti-idrogeno. E i medici utilizzano raggi di antiparticelle per la diagnosi e la cura del cancro.

I fisici hanno inoltre scoperto l'esistenza di una fascia di antiprotoni all'interno delle fasce di radiazioni che circondano la Terra, dette Fasce di Van Allen (descritte nel [Capitolo 5](#)). Ricercatori italiani e di altre nazionalità scoprirono nel 2011 questa cintura di antiprotoni utilizzando il rivelatore di particelle PAMELA (Payload for Antimatter Matter Exploration and Light-nuclei Astrophysics, satellite per l'esplorazione dell'antimateria e l'astrofisica dei nuclei leggeri) che si trova a bordo del satellite russo Resurs DK1 (per maggiori informazioni su PAMELA e le sue scoperte, visitate il sito del progetto all'indirizzo: <http://pamela.roma2.infn.it/index.php>).

Gli astronomi che studiano le radiazioni spaziali ad alta emissione di energia hanno osservato un tipo di raggi gamma detto *radiazione di annichilazione*. Quando un elettrone e la sua antiparticella, il positrone, si scontrano, si distruggono a vicenda rilasciando raggi gamma con energia nota di 511 kiloelettronvolt (keV). Questi raggi rivelatori sono stati individuati in molti luoghi della galassia, inclusa un'ampia area verso il centro della Via Lattea (potete trovare una mappa delle radiazioni di annichilazione provenienti dalla Via Lattea, così come sono state misurate dal satellite dell'Agenzia Spaziale Europea INTEGRAL, sul sito: <http://sci.esa.int/science-e/www/object/index.cfm?fobjectid=45328>).

Si è poi scoperto che le radiazioni di annichilazione possono essere prodotte anche da tempeste solari particolarmente potenti (per maggiori dettagli sulle tempeste solari si veda il [Capitolo 10](#)).

Su scala cosmica, il perché l'universo contenga molte più particelle che antiparticelle costituisce un grande mistero, pertanto molti esperimenti sono in corso per cercare di trovare una risposta. Molti fisici sono convinti che il Big Bang abbia dato origine a un egual numero di particelle e di antiparticelle e, se le cose stessero effettivamente così, nel corso del tempo

qualche fenomeno fisico sconosciuto deve aver alterato l'equilibrio originale a favore della materia.

Secondo un'altra teoria, messa però in dubbio da molti astronomi, la maggior parte dell'antimateria prodotta dal Big Bang è stata rinchiusa in aree separate in zone lontane dell'universo. Se persone come noi, che siamo fatti di materia ordinaria, visitassero queste aree, verrebbero distrutte, in quanto l'antimateria annichilirebbe la nostra materia.

Per lo meno sappiamo di avere a disposizione miliardi di anni per risolvere il problema della relativa carenza di antimateria, prima che l'universo (e noi con lui!) si avvii verso il suo destino finale (di cui parlerò nel prossimo capitolo).

Originariamente questo capitolo è stato scritto da Ron Cowen, che scrive articoli di astronomia e spazio su molte pubblicazioni. L'autore Stephen P. Maran lo ha aggiornato per la seconda edizione di Astronomy For Dummies e anche per quella attuale. Tutte le opinioni espresse in questo capitolo appartengono dunque all'autore.

Capitolo 16

Il Big Bang e l'evoluzione dell'universo

In questo capitolo

- ▶ Valutare le prove del Big Bang
 - ▶ Comprendere l'inflazione e l'espansione dell'universo
 - ▶ Un tuffo nell'energia oscura
 - ▶ La radiazione cosmica di fondo
 - ▶ Misurare l'età dell'universo
-

In un lontano passato, 13,7 miliardi di anni fa, l'universo a noi conosciuto non esisteva. Non c'erano né materia, né atomi, né luce, né fotoni. Non esistevano neppure lo spazio e il tempo.

All'improvviso, forse in un istante, l'universo prese forma come una microscopica, densa macchiolina di luce; in un'infinitesima frazione di secondo si formarono tutta la materia e l'energia del cosmo. Molto più piccolo di un atomo, l'universo neonato era insopportabilmente caldo, una palla infuocata che cominciò a crescere come un fungo raffreddandosi a una velocità pazzesca.

Gli astronomi e gli abitanti di tutto il pianeta conoscono questa descrizione della nascita dell'universo come teoria del *Big Bang*.

Il Big Bang non fu una bomba esplosa nell'ambiente circostante, perché prima del Big Bang non esisteva nessun ambiente circostante. Fu l'origine e

la rapida espansione dello spazio stesso. Durante il primo miliardesimo di miliardesimo di miliardesimo di secondo, l'universo diventò un miliardo di miliardi di miliardi di miliardi di volte più grande. Da una miscela originariamente omogenea di particelle subatomiche e radiazioni nacque l'intera collezione di galassie, ammassi galattici e superammassi di galassie presenti nell'universo oggi. È sbalorditivo pensare che le più ampie strutture dell'universo – raggruppamenti di galassie che si estendono per milioni di anni luce attraverso il cielo – abbiano cominciato la loro esistenza come fluttuazioni subatomiche nell'energia del neonato cosmo. Ma è proprio così che gli scienziati vedono oggi la nascita dell'universo.

In questo capitolo parlerò delle prove a sostegno della teoria del Big Bang, dell'espansione dell'universo e delle nozioni relative all'energia oscura, alla radiazione cosmica di fondo, alla costante di Hubble e alle candele standard.



Per maggiori informazioni sui concetti illustrati in questo capitolo potete visitare la pagina delle FAQ di cosmologia sul sito dell'UCLA

www.astro.ucla.edu/~wright/cosmology_faq.html. Il sito è curato dal Professor Ned Wright, che saprà darvi tutte le risposte.

Le prove del Big Bang

Perché si ritiene che l'universo sia cominciato con un'esplosione?

Gli astronomi elencano tre scoperte che formano un convincente sostegno a questa teoria:

- ✓ **l'espansione dell'universo:** la prova forse più convincente della teoria del Big Bang viene da una scoperta di Edwin Hubble del 1929. Fino ad allora la maggior parte degli scienziati considerava l'universo

statico, immobile e immutabile; al contrario, Hubble scoprì che l'universo si stava e si sta espandendo. Gruppi di galassie si allontanano le une dalle altre, come detriti scagliati in ogni direzione da un'esplosione cosmica; e non solo appaiono alla deriva nello spazio, ma lo spazio stesso tra loro si sta espandendo, allontanandole sempre più l'una dall'altra. È ragionevole pensare che se le galassie si stanno allontanando l'una dall'altra deve esserci stato un tempo in cui erano più vicine. Ripercorrendo a ritroso nel tempo le tracce dell'espansione dell'universo, gli astronomi hanno scoperto che 13,7 miliardi di anni fa (100 milioni di anni più, 100 milioni di anni meno) l'universo era un posto incredibilmente caldo e denso in cui un tremendo rilascio di energia innescò un'enorme esplosione;

- ✓ **il fondo di microonde cosmico:** nel 1940, il fisico George Gamow si rese conto che il Big Bang avrebbe dovuto produrre intense radiazioni. I suoi colleghi suggerirono che i residui di queste radiazioni, raffreddati dall'espansione dell'universo, potevano essere ancora presenti, come i fumi che persistono dopo lo spegnimento di un incendio domestico.

Nel 1964, osservando il cielo con un ricevitore radio, Arno Penzias e Robert Wilson dei Laboratori Bell intercettarono un crepitio debole ma uniforme. Dapprima i due scienziati supposero che si trattasse di scariche statiche del loro ricevitore, ma alla fine si comprese che per la prima volta avevano ascoltato il debole sospiro lasciato dalle radiazioni del Big Bang. La radiazione di Penzias e Wilson è un alone uniforme di microonde (onde radio corte) che riempie lo spazio. Secondo i calcoli degli astronomi questa *radiazione cosmica di fondo a microonde* ha una temperatura di 2,73 K sopra lo zero assoluto, cioè $-273,16\text{ °C}$, che è l'esatto valore atteso nel caso di un eventuale, costante raffreddamento dal Big Bang ai giorni nostri. Grazie alla loro storica scoperta, Penzias e Wilson condivisero il Premio Nobel per la Fisica nel 1978 (nel paragrafo "La radiazione cosmica di fondo" troverete i dettagli della scoperta);

- ✓ **l'abbondanza cosmica di elio:** gli astronomi hanno scoperto che il quantitativo di elio presente in tutta la materia barionica dell'universo è pari al 24% della massa; il resto della materia barionica è costituito quasi interamente da idrogeno. Tutti gli altri elementi, compresi ferro,

carbone, ossigeno e tutto il resto della tavola di Mendeleev messa insieme, costituiscono solo una traccia, in confronto a idrogeno ed elio. Le reazioni nucleari all'interno delle stelle (vedi [Capitolo 11](#)) non sono durate per un tempo sufficientemente lungo da produrre tutta questa quantità d'elio, che invece è esattamente quella prevista dalla teoria in seguito al Big Bang. A conferma di queste prove, la Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP, sonda Wilkinson per l'anisotropia a microonda) ha scoperto che l'elio era presente nell'universo primordiale ancor prima delle stelle.

Oltre alle tre prove elencate, gli astronomi hanno registrato anche altre osservazioni che provano l'espansione dell'universo e la sua evoluzione nel tempo. Le fotografie dello spazio profondo del telescopio Hubble, per esempio, rivelano che in un universo più giovane, le galassie erano spesso più piccole rispetto a oggi, con forme più irregolari e con maggiori probabilità di collidere fra loro. Queste informazioni sono coerenti con l'idea di un universo allora molto più piccolo, con galassie più vicine le une alle altre che avevano così maggiore probabilità di scontrarsi. Se l'universo si fosse formato di recente da un Big Bang, anche le galassie sarebbero di conseguenza più giovani e piccole.

Tutte queste prove dimostrano che l'universo evolve in modo consistente con l'idea che sia nato con il Big Bang e che sia diventato più grande con il passare del tempo.

Sebbene la teoria del Big Bang si sia dimostrata vincente nello spiegare le osservazioni cosmiche, per quanto riguarda l'esplorazione dell'universo giovane non è altro che il punto di partenza. Nonostante il suo nome, per esempio, questa teoria non spiega affatto la provenienza della dinamite cosmica che innescò la Grande Esplosione.

L'inflazione: tempo di crescita nell'universo

L'assenza di una vera spiegazione sull'origine dell'esplosione che ha provocato l'espansione dell'universo non è l'unica carenza della teoria del Big Bang, ne esistono anche altre. In particolare, la teoria non spiega perché alcune aree dell'universo sembrano così simili le une alle altre, sebbene siano separate da distanze tanto grandi da non permettere loro alcuna forma

di comunicazione, nemmeno tramite un messaggero che viaggi alla velocità della luce.

Nel 1980, il fisico Alan Guth elaborò una teoria, che chiamò *dell'inflazione*, che potrebbe aiutare a risolvere l'enigma suggerendo che una piccolissima frazione di secondo dopo il Big Bang l'universo abbia subito un tremendo impulso di crescita. In appena 10^{-32} secondi (cioè 10 milionesimi di miliardesimo di miliardesimo di secondo) l'universo si espanse a una velocità di gran lunga superiore a quella a cui è cresciuto in qualsiasi altro momento dei restanti 13,7 miliardi di anni.

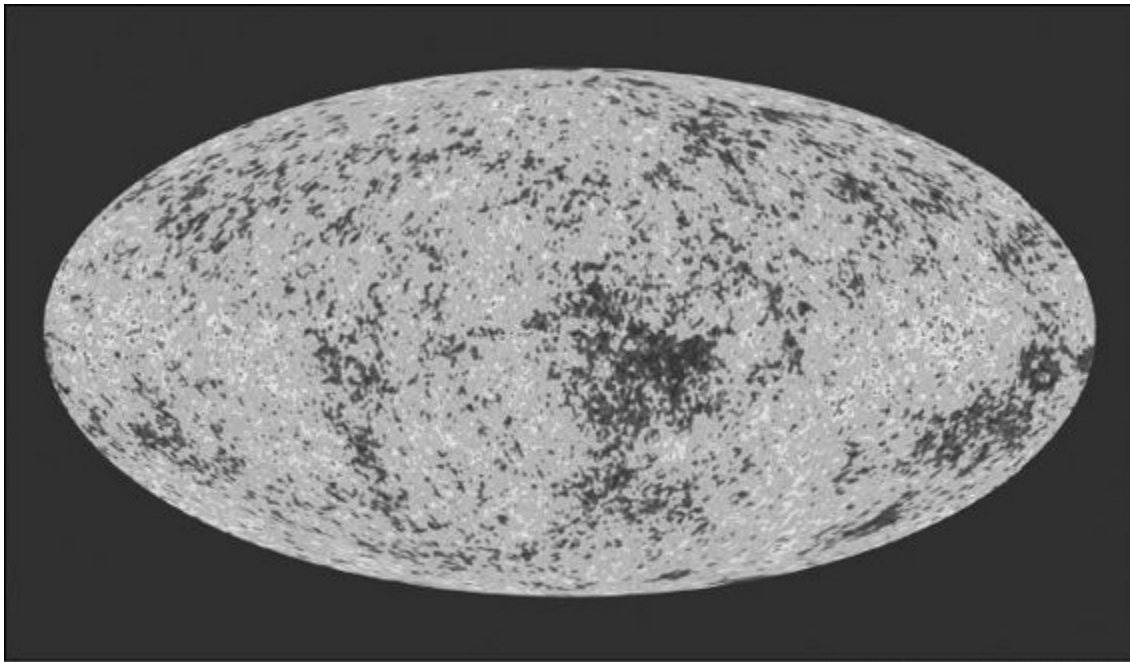
Questo periodo di enorme espansione disperse negli angoli più remoti dell'universo zone microscopiche che prima erano a stretto contatto fra loro. Per questo motivo l'universo ha sempre lo stesso aspetto anche su larga scala, indipendentemente dalla direzione verso cui si punta il telescopio (pensate a una grossa palla di impasto grumoso: se si stende l'impasto con il matterello più e più volte, alla fine tutti i grumi si appiattiranno e si otterrà una sfoglia uniforme). In effetti, l'inflazione trasformò, espandendole, minuscole porzioni di spazio in zone di volume così vasto che gli astronomi non potranno mai osservare. Questa espansione suggerisce una possibilità affascinante, per l'inflazione, quella di aver creato universi ben al di là della portata del nostro. Invece di un singolo universo, potrebbe esistere tutta una collezione di universi, un *multiverso*. Personalmente, però, non sono favorevole a questa teoria: un solo universo da comprendere basta e avanza!

L'inflazione ebbe anche un altro effetto: l'impulso di crescita post Big Bang, infinitesimamente breve, ma straordinariamente potente, catturò fluttuazioni d'energia casuali e subatomiche e le gonfiò fino a delle dimensioni macroscopiche. Preservando e amplificando queste cosiddette fluttuazioni quantistiche, l'inflazione creò delle aree dell'universo a differente densità.

A causa dell'inflazione e delle fluttuazioni quantistiche, alcune regioni dell'universo contengono mediamente più materia ed energia di altre, così esistono punti freddi e punti caldi nella temperatura della radiazione cosmica di fondo (vedi [Figura 16.1](#)). Con il passare del tempo, la gravità modellò queste variazioni formando la ragnatela di ammassi galattici e i

giganteschi vuoti che oggi riempiono l'universo, come descritto nel [Capitolo 12](#). Per maggiori informazioni leggete “La radiazione cosmica di fondo” che si trova più avanti in questo capitolo.

Figura 16.1 Una fotografia “dell’infanzia” dell’universo, scattata dal satellite Wilkinson Microwave Anisotropy Probe.



Per concessione della NASA.

Il paragrafo che segue illustra altri due aspetti dell’inflazione: il *vacuum*, da cui l’inflazione trae forza, e la relazione tra l’inflazione e la forma dell’universo.

Qualcosa dal nulla: l’inflazione e il vacuum

Per ironia della sorte, la riserva di energia a cui attinge l’inflazione viene dal nulla: il *vacuum*. Secondo la teoria quantistica, il *vacuum* dello spazio è tutt’altro che vuoto, al contrario pullula di particelle e antiparticelle che sono costantemente create e distrutte. I teorici sostengono che fu proprio questa la fonte da cui il Big Bang attinse l’energia per l’esplosione e le successive radiazioni.

Il *vacuum* possiede un'altra bizzarra qualità: può esercitare una forza di repulsione. Invece di avvicinare due oggetti fra loro, come la forza di gravità, li spinge lontani l'uno dall'altro. Forse è stata proprio la forza di repulsione del *vacuum* ad aver dato inizio alla breve ma potente era dell'inflazione.

Proprio come in economia, l'inflazione cosmica genera un grande interesse. Ma state tranquilli: nel modo più categorico, questa bolla non esploderà.

L'appiattimento: l'inflazione e la forma dell'universo

Il fenomeno dell'inflazione, almeno nella sua declinazione più semplice, avrebbe imposto all'universo un'ulteriore condizione: ne avrebbe reso la geometria piatta, stirando ogni curvatura del cosmo come un palloncino gonfiato fino a raggiungere dimensioni enormi.

Secondo le leggi della gravitazione di Einstein, l'universo può essere piatto se possiede una densità molto specifica, detta *densità critica*. Per densità maggiori del valore critico, l'attrazione esercitata dalla forza di gravità sarebbe abbastanza grande da invertire il processo di espansione, portando al collasso dell'universo su se stesso, quello che gli astronomi chiamano il *Big Crunch*.

Un simile universo tornerebbe a curvarsi su se stesso fino a formare uno spazio chiuso dal volume finito, come la superficie di una sfera. Una nave spaziale che lo attraversasse in linea retta alla fine si ritroverebbe nel punto di partenza. I matematici chiamano questa condizione geometrica *curvatura positiva*.

Per densità minori del valore critico, la gravità non potrebbe mai prendere il sopravvento sull'espansione, e l'universo continuerebbe a crescere all'infinito. Un simile universo possiede una *curvatura negativa*, con una forma simile a quella di una sella per cavalli.

Anche se la teoria dell'inflazione richiede che l'universo sia piatto, diverse evidenze sperimentali hanno rivelato che l'universo non possiede sufficiente materia per raggiungere la densità critica.

Pertanto, la proprietà geometrica del nostro universo piatto, non è certo dovuta alla materia come la conosciamo, e forse nemmeno come non la conosciamo. Per nostra fortuna, l'energia ci presta soccorso. L'energia è infatti in grado di salvare l'universo, come indicano anche le ricerche recenti. I dati contenuti nella fotografia "dell'infanzia" dell'universo della [Figura 16.1](#), che è una mappa celeste della radiazione cosmica di fondo a microonde misurata dal satellite WMAP, hanno convinto praticamente tutti i cosmologi che l'universo sia piatto e che l'energia sia responsabile di questa geometria. Tuttavia, non si tratta dell'energia che tutti conosciamo, ma di un altro concetto piuttosto interessante: l'energia oscura. Continuate a leggere, se volete scoprire ogni lato più oscuro.

L'energia oscura: l'acceleratore universale

L'energia oscura ha effetti sorprendenti: esercita una forza di repulsione che attraversa tutto l'universo. Gli scienziati non sanno altro. Non sappiamo cosa sia, perciò la definiamo in base alla sua unica caratteristica osservabile, cioè la forza di repulsione. Dopo il Big Bang e l'inflazione, la gravità rallentò l'espansione dell'universo. Ma a mano a mano che l'universo cresceva, la materia si disperdeva su porzioni di spazio sempre più ampie e l'effetto della forza di gravità diventava sempre più debole. Questo processo continuò per alcuni milioni di anni, dopo di che la forza di repulsione dell'energia oscura prese il sopravvento causando un'espansione dell'universo ancora più rapida. Questo bizzarro fenomeno è stato rivelato dalle osservazioni sia del telescopio Hubble sia di altri telescopi.

Le osservazioni che hanno rivelato la presenza dell'energia oscura, mostrando che l'espansione dell'universo accelera, si sono concentrate su supernove di tipo Ia e su altre supernove di galassie lontane (potete leggere delle supernove nel [Capitolo 11](#)). Tutte le supernove sono abbastanza luminose da essere osservabili anche se fanno parte di galassie distanti, ma le supernove di tipo Ia hanno una speciale caratteristica. Gli astronomi sono convinti che queste esplosioni abbiano tutte la stessa luminosità intrinseca, come lampadine a incandescenza con lo stesso numero di watt (vedi il

paragrafo “In una galassia lontana: le candele standard e la costante di Hubble”, più avanti in questo capitolo).

La luce di una galassia distante impiega centinaia di milioni di anni o anche più per raggiungere la Terra, così le osservazioni galattiche potrebbero mostrare esplosioni di supernove avvenute quando l’universo era molto più giovane. Se l’espansione dell’universo avesse rallentato, la distanza tra la Terra e la galassia sarebbe minore rispetto al caso di un’espansione a velocità costante, e di conseguenza il tempo impiegato dalla luce per raggiungerci sarebbe minore. Così, se l’espansione avesse rallentato, una supernova di una galassia distante dovrebbe apparire leggermente più luminosa.

Nel 1998, due differenti gruppi di astronomi ottennero un risultato esattamente opposto: le supernove distanti sono un po’ meno luminose del previsto, come se le galassie a cui appartengono fossero più lontane di quanto calcolato. Sembrerebbe quindi che l’universo abbia accelerato la sua espansione. Questa scoperta rivelò la presenza di un’energia oscura, come descritto nel [Capitolo 11](#), e i tre astronomi autori della ricerca, Saul Perlmutter, Adam Riess e Brian Schmidt, vinsero il Nobel per la Fisica.

La radiazione cosmica di fondo

La radiazione cosmica di fondo a microonde (il debole sospiro del residuo di radiazione lasciato dal Big Bang) rappresenta un’istantanea dell’universo quando aveva 379.000 anni. Prima, una nebbia di elettroni pervadeva il neonato universo, assorbendo e disperdendo la radiazione creata con il Big Bang che così non poteva propagarsi liberamente.

Più o meno quando il cosmo celebrava il suo 379.000° compleanno, l’universo diventò sufficientemente freddo perché gli elettroni si combinassero con i nuclei atomici, e questo fece sì che non ci fossero più abbastanza particelle libere per sparpagliare e assorbire la radiazione. La nebbia assorbitrice si era dissolta. A oggi si può percepire la luce dell’universo all’età di 379.000 anni – ora spostata di lunghezza d’onda dall’espansione dell’universo – sotto forma di microonde e di luce a infrarossi lontani.

La scoperta dei granuli nella radiazione cosmica di fondo

Nel 1960, quando per la prima volta Penzias e Wilson individuarono la radiazione cosmica di fondo, questa apparve loro con una temperatura assolutamente uniforme in tutto il cielo. Considerando il livello d'incertezza degli strumenti di misura a disposizione, nessuna regione dello spazio risultava più calda o più fredda delle altre, nemmeno in modo lieve. Questa uniformità era un mistero: delle microscopiche variazioni di temperatura dovevano esserci per forza, altrimenti non si sarebbe potuta spiegare l'evoluzione dell'universo da una zuppa di particelle e radiazioni fino all'attuale collezione di aggregati galattici, stellari e planetari.

Secondo la teoria, l'universo neonato non poteva essere perfettamente uniforme. Come i grumi in una scodella di crema, doveva avere delle zone leggermente più dense e altre leggermente meno dense, cioè doveva cambiare il valore degli atomi per metro cubo. Queste zone rappresentano i minuscoli semi attorno a cui la materia cominciò a raccogliersi per formare le galassie. Attualmente, gli scienziati dovrebbero essere in grado di vedere queste differenze sotto forma di fluttuazioni minime o anisotropie nella temperatura del fondo di microonde cosmico (*un'anisotropia* è la differenza tra le proprietà fisiche dello spazio, come la temperatura e la densità, lungo una direzione e quelle lungo un'altra direzione).

Nel 1992, il satellite della NASA Cosmic Background Explorer (COBE), che appena tre anni prima aveva misurato la temperatura della radiazione cosmica di fondo a microonde con un'accuratezza senza precedenti, ottenne quello che molti astronomi ritengono essere un trionfo anche maggiore: individuò dei punti caldi e freddi all'interno della radiazione. Le misurazioni di COBE furono premiate con il Premio Nobel per la Fisica, assegnato a John Mather e George Smoot, entrambi miei colleghi della NASA dell'Università della California di Berkeley.

Queste variazioni sono davvero microscopiche, meno di un decimillesimo di grado kelvin intorno alla temperatura normale di 2,73 K. Nemmeno la principessa in grado di accorgersi del pisello sotto un'alta pila di materassi sarebbe stata in grado di percepirle. Eppure queste increspature sono

abbastanza grandi per dimostrare la crescita strutturale dell'universo. Finalmente potete dormire sonni tranquilli!

Mappare l'universo con la radiazione cosmica di fondo

Per cercare di scoprire se l'universo fosse piatto o a forma di sella gli scienziati cercarono le risposte nella radiazione di fondo. Un universo piatto prevede che le variazioni di temperatura seguano un particolare andamento. Una grossa mole di osservazioni con telescopi al suolo e su palloni aerostatici ha dimostrato che il fondo cosmico di microonde è in accordo con quest'ipotesi.

Nel 2003, la NASA dichiarò che il satellite Wilkinson Microwave Anisotropy Probe aveva mappato e misurato la radiazione di fondo per tutta la volta celeste con la minore incertezza mai raggiunta. Il gruppo del WMAP, guidato da Charles Bennett, chiarì la maggior parte dei misteri sul Big Bang, tranne la sua origine e la vera natura dell'energia oscura.

Il gruppo è giunto alle seguenti conclusioni:

- ✓ l'età attuale dell'universo è di 13,7 miliardi di anni (in seguito il WMAP ha migliorato la precisione fissando l'età tra 13,73 e 13,74 miliardi di anni);
- ✓ la radiazione cosmica di fondo a microonde ebbe origine quando l'universo aveva 379.000 anni;
- ✓ le prime stelle cominciarono a brillare circa 200 milioni di anni dopo il Big Bang;
- ✓ l'universo è piatto, coerentemente con la teoria dell'inflazione (vedi il paragrafo "L'inflazione: tempo di crescita nell'universo" in questo capitolo);
- ✓ i valori relativi dell'energia di massa nell'universo sono i seguenti:
 - materia normale (materia barionica come quella che si trova sulla Terra): 4%;
 - materia oscura (vedi [Capitolo 15](#)): 23%;

- energia oscura: 73%.

Gli scienziati avevano già fatto stime approssimative di tutte queste quantità, ma ora hanno dei valori precisi.



Potete leggere del WMAP e delle sue scoperte sul sito ufficiale della sonda presso il Goddard Space Flight Center, all'indirizzo <http://map.gsfc.nasa.gov>. Date un'occhiata anche alle animazioni dell'evoluzione dell'universo e agli altri argomenti cosmici presenti sul sito.

In una galassia lontana: le candele standard e la costante di Hubble

Una delle domande ricorrenti dell'astronomia era l'età dell'universo. Ora, grazie al WMAP, al telescopio di Hubble e ad altri strumenti, sappiamo che la risposta è 13,73 miliardi di anni.

Ma come hanno fatto gli scienziati ad arrivare a questo numero magico? Si sono affidati alle informazioni connesse con l'espansione dell'universo: le candele standard, che gli astronomi utilizzano per misurare la distanza fra le galassie, e la costante di Hubble, che mette in relazione la distanza fra le galassie con la velocità di espansione dell'universo. Tratterò questi argomenti nei prossimi paragrafi.

Le candele standard: come fanno gli scienziati a misurare la distanza fra le galassie?

La maggior parte dei metodi di misurazione di questa distanza richiede l'uso di *candele standard*, l'equivalente cosmico di una lampadina a incandescenza con numero di watt noto.

Per esempio, supponiamo che siate certi di conoscere la reale brillantezza, o *luminosità*, di un particolare tipo di stella. La luce di una sorgente lontana diminuisce proporzionalmente al quadrato della distanza, perciò la luminosità apparente di una stella dello stesso tipo in una galassia distante indica la distanza di questa galassia.

Le stelle pulsanti giallastre conosciute come *variabili Cefeidi* sono tra le candele standard più affidabili per stabilire la distanza di galassie relativamente vicine (vedi [Capitolo 12](#)). Periodicamente, queste giovani stelle aumentano e diminuiscono di luminosità. Nel 1912 Henrietta Leavitt del College Observatory di Harvard notò che la rapidità con cui le Cefeidi cambiano luminosità è direttamente correlata alla loro luminosità reale. Più è lungo questo periodo, più la stella è luminosa.

È passato un secolo dalla scoperta della Leavitt, ma per misurare le distanze siderali gli astronomi continuano a usare le Cefeidi.

Le supernove di tipo Ia (vedi [Capitolo 11](#)) sono un altro tipo di candele standard. Essendo le supernove molto più luminose delle Cefeidi, possiamo osservarle in galassie molto più lontane. Calcoli recenti della costante di Hubble hanno utilizzato entrambi i tipi di candele ottenendo risultati molto coerenti, fra loro, e con i dati provenienti dal satellite WMAP.

La costante di Hubble: qual è la velocità delle galassie?

Le stime sull'età dell'universo si basano su un numero che ha incuriosito gli astronomi per decenni: la *costante di Hubble*, che rappresenta la velocità a cui l'universo attualmente si espande. Questo numero prende il nome da Edwin Hubble, che scoprì l'attuale espansione dell'universo. In particolare, a lui si deve la notevole scoperta che ogni galassia lontana (cioè oltre il Gruppo Locale di Galassie di cui parlo nel [Capitolo 12](#)) si sta allontanando a tutta velocità dalla nostra galassia natale, la Via Lattea.

Hubble scoprì che quanto più una galassia è distante, tanto più velocemente si allontana. Questa correlazione è nota come *legge di Hubble*. Per esempio, se consideriamo due galassie, la prima delle quali si trova a una distanza dalla Via Lattea che è il doppio dell'altra, allora la galassia più lontana

sembra allontanarsi al doppio della velocità (secondo la Teoria della Relatività Generale di Albert Einstein le galassie di per sé non si muovono, è invece il tessuto dello spazio circostante a espandersi).



La costante di proporzionalità che lega la distanza di una galassia alla sua velocità di allontanamento è nota come costante di Hubble, o H_0 . In altre parole, la velocità con cui la galassia si allontana è pari a H_0 moltiplicato per la distanza della galassia stessa. Perciò H_0 fornisce una misurazione della velocità a cui si espande l'universo e di conseguenza anche della sua età.

Conoscendo a che distanza si trova una galassia e a che velocità si allontana, potete calcolare quanto tempo ci ha messo per allontanarsi fin lì. Secondo la teoria del Big Bang, un tempo le dimensioni dell'universo erano infinitesimali, poi lo spazio cominciò a espandersi. Il punto dello spazio in cui ci troviamo ora e quello in cui si trova una particolare galassia, un tempo erano l'uno accanto all'altro, e solo man mano che l'universo invecchiava i due punti si sono allontanati. Il tempo che ci è voluto per raggiungere la distanza attuale corrisponde all'età dell'universo.



La costante di Hubble si misura in chilometro per secondo per mega parsec (un mega parsec corrisponde a 3,26 milioni di anni luce). Dopo anni di studi con il telescopio spaziale Hubble, gli astronomi sono riusciti a stabilire che il valore della costante di Hubble è 70. Ciò significa che una galassia che si trova a circa 30 mega parsec dalla Terra (circa 100 milioni di anni luce) si sta allontanando alla velocità di 2.100 chilometri al secondo. Le scoperte del WMAP sposterebbero questo valore a 71; questo è un ottimo accordo, anche se osservazioni più recenti suggeriscono che questo numero potrebbe addirittura essere pari a 74.

Grazie alle candele standard e alla costante di Hubble, gli astronomi hanno finalmente dati affidabili sull'attuale velocità di espansione dell'universo. Sappiamo anche che l'energia oscura fa aumentare questa velocità. Ma la natura di quest'energia rimane un profondo e oscuro mistero.

Il destino dell'universo

L'energia oscura fa espandere l'universo sempre più velocemente. Perciò la costante di Hubble non può restare costante molto a lungo: diventa sempre maggiore. In parole povere, la costante di Hubble in realtà sarebbe più "un'incostante di Hubble".

Siccome l'universo continua a espandersi sempre più velocemente, alla fine le altre galassie si allontaneranno dalla nostra a una velocità superiore a quella della luce. Nel leggere la frase precedente qualcuno di voi avrà pensato: "Aspetta un momento! Nel [capitolo 12](#) ci hai detto che niente può muoversi più veloce della luce, se non le particelle dette tachioni, che forse neppure esistono. Perciò cosa diavolo sta accadendo a queste galassie?"

La risposta è sottile: un giorno del futuro, fra migliaia di miliardi di anni, le galassie si allontaneranno a una velocità superiore a quella della luce, ma in realtà non saranno loro a muoversi. Se ricordate, all'inizio di questo capitolo ho detto che il Big Bang "fu l'origine e l'espansione dello spazio stesso". L'apparente velocità con cui le galassie corrono via non è dovuta a reali spostamenti delle galassie, è invece causata dall'espansione dello spazio stesso. Lo spazio non è materia, perciò può andare a qualsiasi velocità e superare la luce, a seconda della quantità di energia oscura.

Quando le galassie si allontaneranno a una velocità superiore alla luce, la loro luce non giungerà più fino alla Via Lattea. Ma quando ciò accadrà, il Sole se ne sarà andato già da un pezzo – visto che avrà esaurito il suo nucleo di idrogeno tra 4 miliardi di anni (i dettagli nel [Capitolo 11](#)) – e subito dopo essersi trasformato in una gigante rossa, avrà perso i suoi strati esterni svanendo infine come nana bianca. Ma nella Via Lattea magari ci saranno ancora altre stelle piene di forza, con i loro pianeti e forse persino i loro esseri intelligenti. Questi extraterrestri non potranno vedere le galassie, la cui luce non sarà più in grado di raggiungerli. L'universo diventerà buio a tutti gli effetti.

Un tempo gli astronomi credevano che l'universo sarebbe rimasto quello che conosciamo ancora per moltissimi anni di un futuro lontano. Ma la scoperta dell'energia oscura ha cambiato tutto. Come disse Yogi Berra in una frase ormai famosa: "Il futuro non è più quello di una volta!"

Originariamente questo capitolo fu scritto da Ron Cowen, che scrive articoli di astronomia e spazio su molte pubblicazioni. L'autore Stephen P. Maran lo ha aggiornato per le edizioni successive di Astronomy For Dummies e anche per quella attuale. Tutte le opinioni espresse in questo capitolo appartengono perciò all'autore.

Parte V I decaloghi

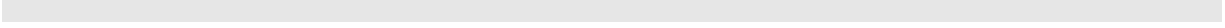
The 5th Wave

By Rich Tennant



In questa parte...

Vi è mai capitato di trovarvi a un evento mondano cercando disperatamente qualcosa di interessante e originale da dire? E di spremervi le meningi alla ricerca di un'intuizione accattivante per dimostrare a tutti i presenti la vostra sorprendente e profonda capacità di pensiero? Bene, dopo aver letto la "I decaloghi" sarete in grado di colmare qualsiasi vuoto nella conversazione. Sto per offrirvi dieci insoliti aneddoti sull'universo che vi garantiranno l'attenzione, ve lo assicuro. E poi vi illuminerò su dieci errori più diffusi che la gente e i media hanno commesso e continuano a commettere a proposito di astronomia.



Capitolo 17

Dieci fatti insoliti sull'astronomia e sullo spazio

In questo capitolo

- ▶ Scoprire la verità sulla coda delle comete, sulle rocce di Marte e sul Big Bang in TV
- ▶ Scoprire che la scoperta di Plutone è stata un incidente, che le macchie solari non sono scure e che su Venere la pioggia non arriva mai al suolo
- ▶ Esplorare i miti su maree, stelle che esplodono e unicità della Terra

Ecco alcuni dei miei aneddoti preferiti sull'astronomia e, in particolare, sulla Terra e sul sistema solare. Se imparerete le seguenti nozioni sarete pronti ad affrontare non solo le domande di astronomia dei quiz televisivi, ma anche quelle degli amici e dei familiari più assillanti.

Tra i capelli si possono nascondere dei microscopici meteoriti

I *micrometeoriti*, minuscole particelle provenienti dallo spazio e visibili solo attraverso un microscopio, piovono di continuo sulla Terra. Alcuni vi cadono addosso appena varcata la soglia di casa. Ma a meno che non possediate i più avanzati strumenti di laboratorio e le relative tecniche di analisi, non sarete mai in grado di individuarli. Sulle vostre teste si confonderanno con una gran quantità di pollini, di particelle di smog, di

polvere domestica e (mi piace sottolinearlo) di forfora (per scoprire alcuni dettagli sui meteoriti di ogni dimensione, date un'occhiata al [Capitolo 4](#)).

La coda di una cometa spesso sta davanti

La coda di una cometa non è come quella di un cavallo che, mentre sfreccia al galoppo, sta sempre attaccata dietro. La coda di una cometa si rivolge sempre lontano dal Sole. Quando una cometa si avvicina al Sole, la coda o le code la seguono, ma quando si allontana nuovamente dal sistema solare, la coda sta davanti (per maggiori informazioni sulle comete, vedi [Capitolo 4](#)).

La Terra è fatta di materia strana e inconsueta

La materia nell'universo è costituita in gran parte dalla cosiddetta *materia oscura*, qualcosa di invisibile che gli astronomi non sono ancora riusciti a identificare (vedi [Capitolo 15](#)), mentre la maggior parte della materia ordinaria e visibile si trova sotto forma di plasma (il gas caldo ed elettricamente carico di cui sono costituite le stelle normali, come il Sole) o di materia degenerata (in cui gli atomi e persino i loro nuclei sono ammassati insieme a una densità inimmaginabile, come accade nelle nane bianche e nelle stelle di neutroni; vedi [Capitolo 11](#)). Eppure, sulla Terra non troverete molta materia oscura, né materia degenerata, né plasma. In confronto al grosso dell'universo, perciò, i veri alieni sono la Terra e i terrestri (per maggiori dettagli sulle caratteristiche uniche della Terra, vedi [Capitolo 5](#)).

L'alta marea arriva su entrambi i lati della Terra alla stessa ora

Le maree degli oceani che si trovano sul lato della Terra rivolto verso la Luna non sono particolarmente più alte di quelle degli oceani dell'altro lato, alla stessa ora. Questo sembrerebbe andare contro il comune buonsenso,

eppure non va contro le analisi matematiche e chimiche (lo stesso vale per le maree più piccole provocate dal Sole). Per maggiori dettagli sulla Luna, consultate il [Capitolo 5](#).

Su Venere, la pioggia non raggiunge mai il suolo

La pioggia incessante di Venere non cade mai su niente, a dire il vero: evapora tutta prima di raggiungere il terreno; questa pioggia è acido puro (il nome comune per la pioggia che evapora è *virga*; per maggiori dettagli su Venere, vedi [Capitolo 6](#)).

Le rocce di Marte sono sparse sulla Terra

La gente ha trovato sulla Terra più di 100 meteoriti che provengono dalla crosta di Marte, staccati dal pianeta dall'impatto con oggetti più grandi, forse provenienti dalla fascia di asteroidi (per informazioni sugli asteroidi, vedi [Capitolo 7](#)). Statisticamente, molte altre rocce di Marte mai rinvenute devono necessariamente essere cadute anche negli oceani o in zone totalmente fuori mano (per saperne di più su Marte, vedi [Capitolo 6](#)).

Plutone fu scoperto grazie alle previsioni di una teoria sbagliata

Percival Lowell aveva predetto l'esistenza e la posizione approssimativa dell'oggetto che noi oggi chiamiamo Plutone. E quando Clyde Tombaugh esaminò la zona indicata, trovò Plutone. Ma oggi gli scienziati sanno che la teoria di Lowell, che ipotizzava l'esistenza di Plutone dagli effetti gravitazionali sul moto di Urano, era sbagliata. La massa di Plutone, infatti, è troppo piccola per produrre gli effetti "osservati". Inoltre, i suddetti "effetti gravitazionali" altro non erano che un errore nelle misurazioni del moto di Urano (non c'erano ancora informazioni sufficienti sul moto di Nettuno per studiarlo e capirne un po' di più). Ci volle un lavoro notevole per scoprire Plutone e quando accadde, fu solo una questione di fortuna.

Anche se Lowell aveva predetto l'esistenza di un pianeta, Plutone, dopo essere stato classificato come un pianeta effettivo, è stato in seguito declassato a pianeta nano dall'Unione Astronomica Internazionale (per saperne di più su Plutone, vedi [Capitolo 9](#)).

Le macchie solari non sono scure

Quasi tutti sanno che le macchie solari sono macchie “scure” sul Sole. In realtà le macchie solari sono semplicemente dei luoghi in cui il gas rovente del Sole è lievemente più freddo del resto (per approfondire, vedi [Capitolo 10](#)). Le macchie sembrano scure per contrasto con il calore che le circonda, ma guardandole singolarmente appaiono chiare.

Una stella ben visibile potrebbe anche essere esplosa, ma nessuno può saperlo

Eta Carinae è una delle più grosse e luminose stelle della nostra galassia, e gli astronomi si aspettano che da un istante all'altro possa dar vita a una potente esplosione di supernova, ammesso che ciò non sia già accaduto. Eppure, visto che per arrivare da Eta Carinae sulla Terra la luce impiega 8.000 anni, se l'esplosione fosse già avvenuta in questo lasso di tempo non sarebbe ancora visibile (per saperne di più sul ciclo di vita delle stelle, vedi [Capitolo 11](#)).

Su un vecchio televisore potreste aver visto il Big Bang

Parte della *neve* dei televisori, cioè quel tipo di interferenza che appariva come una serie di striscioline o puntini bianchi sui vecchi televisori in bianco e nero, era in realtà causata da onde radio che l'antenna riceveva dalla radiazione cosmica di fondo a microonde, un alone residuo dell'universo primordiale dopo il Big Bang (vedi [Capitolo 16](#)). Quando questa radiazione fu effettivamente scoperta nei Bell Telephone Laboratories, gli scienziati analizzarono tutte le cause possibili di questo

inatteso “rumore” nel ricevitore radio. Sospettarono persino che potesse essere causata dalle deiezioni dei piccioni, ma più tardi lasciarono cadere l’ipotesi.

Capitolo 18

Dieci errori comuni su astronomia e spazio

In questo capitolo

- ▶ Un'occhiata agli errori più diffusi in astronomia
- ▶ Correggere gli errori dei mezzi di comunicazione e di intrattenimento

Nella vita di tutti i giorni, sfogliando un giornale, guardando il notiziario serale o parlando con gli amici, vi capiterà spesso di sentire degli strafalcioni astronomici. In questo capitolo elencherò gli errori più comuni.

La luce di quella stella ha impiegato 1.000 anni luce per raggiungere la Terra

Molte persone confondono gli anni luce con un'unità di misura del tempo pari a un giorno, un mese, o un anno ordinario. Ma un anno luce è un'unità di misura di lunghezza e indica la distanza che la luce percorre nel vuoto in un anno (vedi [Capitolo 1](#)).

Un meteorite caduto da poco è ancora caldo

In realtà, i meteoriti caduti da poco sono freddi. Talvolta su una pietra gelida caduta da poco si forma uno strato di brina ghiacciata (prodotto dal

contatto con l'umidità dell'aria). Se un testimone oculare dice di aver visto un meteorite cadere dal cielo e di essersi bruciato le dita nel toccare la roccia, il suo racconto potrebbe essere una bufala (per maggiori dettagli sui meteoriti, vedi [Capitolo 4](#)).

L'estate arriva sempre quando la Terra è più vicina al Sole

La convinzione che l'estate arrivi quando la Terra è più vicina al Sole è forse l'errore più comune di tutti, anche se il buonsenso dovrebbe suggerirvi che si tratta di una convinzione sbagliata. Dopo tutto, quando in Australia è inverno, in Europa è estate. Eppure in un qualunque giorno dell'anno l'Australia si trova alla stessa distanza dal Sole dell'Europa. In realtà il periodo in cui la Terra è più vicina al Sole è gennaio, e quello in cui è più lontana è luglio (per spiegazioni più dettagliate sulle nostre stagioni, vedi [Capitolo 5](#)).

La faccia posteriore della Luna è scura

Alcune persone credono che la faccia posteriore della Luna, quella rivolta lontano dalla Terra, che gli astronomi chiamano anche *faccia lontana*, sia scura. In realtà a volte è scura, altre chiara, di solito è metà scura e metà chiara. Insomma, l'altra faccia della Luna è uguale a quella visibile dalla Terra. Quando noi vediamo la Luna piena, la faccia vicina è completamente chiara e quella lontana è completamente scura. Quando c'è Luna nuova, la faccia vicina è completamente scura, quella lontana è completamente chiara e, riuscendo a vederla, avrebbe l'aspetto della Luna piena (per saperne di più sulla Luna e le sue fasi, vedi [Capitolo 5](#)).

La “stella del mattino” è una stella

La *stella del mattino* non è affatto una stella, ma è sempre un pianeta. A volte compaiono contemporaneamente due stelle del mattino, per esempio Mercurio e Venere (vedi [Capitolo 6](#)). La stessa regola si applica alla *stella della sera*: state guardando un pianeta, e potreste anche vederne più di uno.

Anche *stella cadente* è un'espressione impropria: queste stelle sono in realtà meteore, cioè il lampo di luce causato da piccoli meteoroidi che attraversano l'atmosfera terrestre (vedi [Capitolo 4](#)). Anche molte delle "superstar" che si vedono in TV potrebbero essere soltanto meteore, ma almeno hanno i loro 15 minuti di fama.

Se attraversi la fascia di asteroidi, ne sarai circondato

Ogni viaggio spaziale, nei film, a un certo punto include una scena in cui l'intrepido pilota è costretto a manovrare la sua nave abilmente per evitare centinaia di asteroidi che arrivano da ogni direzione, a volte anche cinque per volta. I registi cinematografici evidentemente non conoscono la vastità dell'universo, oppure non ne tengono conto per poter offrire il loro effetto drammatico. Anche se vi trovaste su un asteroide collocato proprio nel bel mezzo della fascia principale di asteroidi tra Marte e Giove, potreste ritenervi già fortunati a vederne più di uno o due (per maggiori informazioni sugli asteroidi, vedi [Capitolo 7](#)).

Bombardare un asteroide killer in collisione con la Terra ci salverà

Gli svarioni a proposito degli asteroidi sono molti e, sfortunatamente, molti documentari televisivi o film catastrofistici di Hollywood diffondono con efficacia questi errori nel pubblico.

Far saltare per aria un asteroide in collisione con la Terra con una bomba H, per esempio, creerebbe soltanto un nugolo di rocce più piccole dirette verso il nostro pianeta, complessivamente altrettanto pericolose. Un'idea molto meno rischiosa sarebbe quella di agganciare l'asteroide al motore di un razzo per spostarlo delicatamente appena un po' più avanti o indietro nella sua orbita, guidandolo in modo che non arrivi nello stesso punto dello spazio contemporaneamente alla Terra. Ancor meglio, si potrebbe lanciare un cosiddetto *satellite gravity tractor* per allontanare l'asteroide dalla

traiettoria originale in modo gentile e fargli così evitare la Terra (una spiegazione del metodo gravity tractor si trova nel [Capitolo 7](#)).

Il Sole è una stella media

Spesso si sentono o leggono affermazioni che definiscono il Sole come una stella ordinaria. In realtà la stragrande maggioranza delle stelle è più piccola, meno luminosa, più fredda e meno imponente del nostro Sole (vedi [Capitolo 10](#)). Siate fieri del Sole: è come un bambino del leggendario Lago Wobegon, dove tutti i bambini sono “al di sopra della media”.

Il telescopio Hubble scatta immagini a distanza molto ravvicinata

Il telescopio spaziale Hubble non va a spasso nel cosmo catturando le sue bellissime immagini quando incrocia le nebulose, gli ammassi stellari e le galassie (vedi [Capitolo 12](#)). Il telescopio resta in orbita vicino alla Terra, da dove scatta fotografie grandiose grazie alla sua ottica incredibilmente curata e alla sua orbita, molto al di sopra di quella parte di atmosfera che rende meno nitide le immagini scattate dai telescopi terrestri.

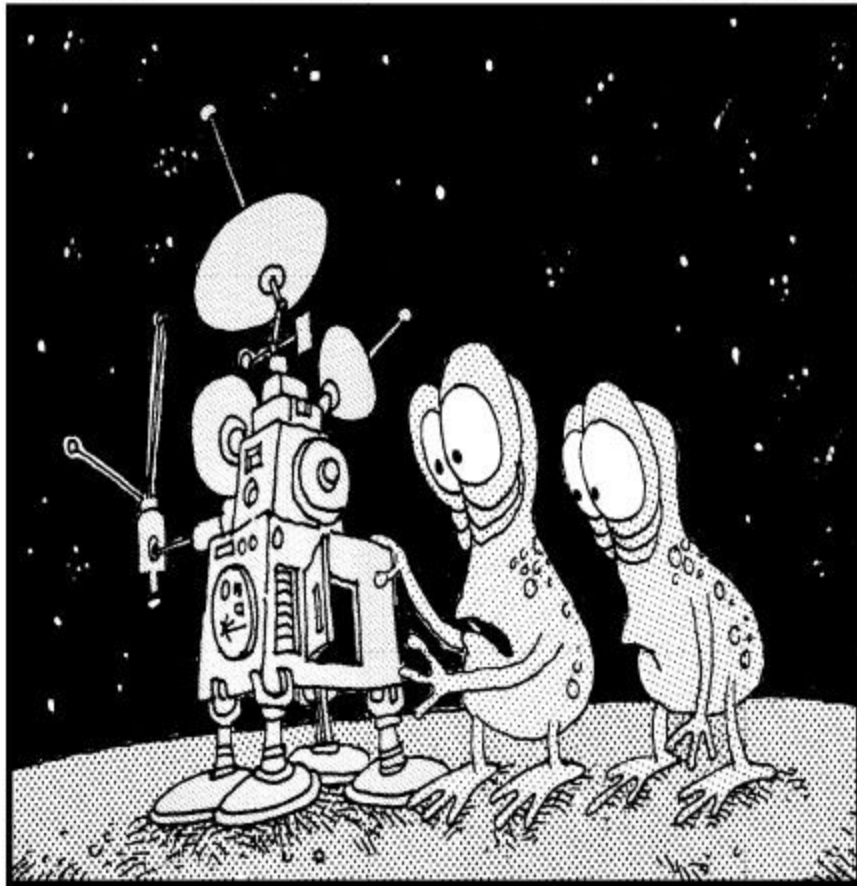
Il Big Bang è morto

Quando un astronomo annuncia di aver fatto una scoperta che non si accorda con l'attuale concezione cosmologica, i media si affrettano subito a sentenziare che “il Big Bang è morto” (per una spiegazione del Big Bang, vedi [Capitolo 16](#)). In realtà, gli astronomi si limitano a trovare differenze tra le osservazioni dell'espansione dell'universo e le sue specifiche descrizioni matematiche. Le teorie concorrenti, inclusa l'ultima arrivata che si adatta ai dati più recentemente raccolti, sono coerenti con il Big Bang, e ne differiscono solo nei dettagli.

Parte VI Appendici

The 5th Wave

By Rich Tennant



"ECCO UN'ALTRA SONDA SPAZIALE DALLA TERRA CHE CERCA
DI METTERSI IN CONTATTO CON GLI EXTRATERRESTRI. SE SOLO
AVESSERO MESSO UN INDIRIZZO EMAIL!"

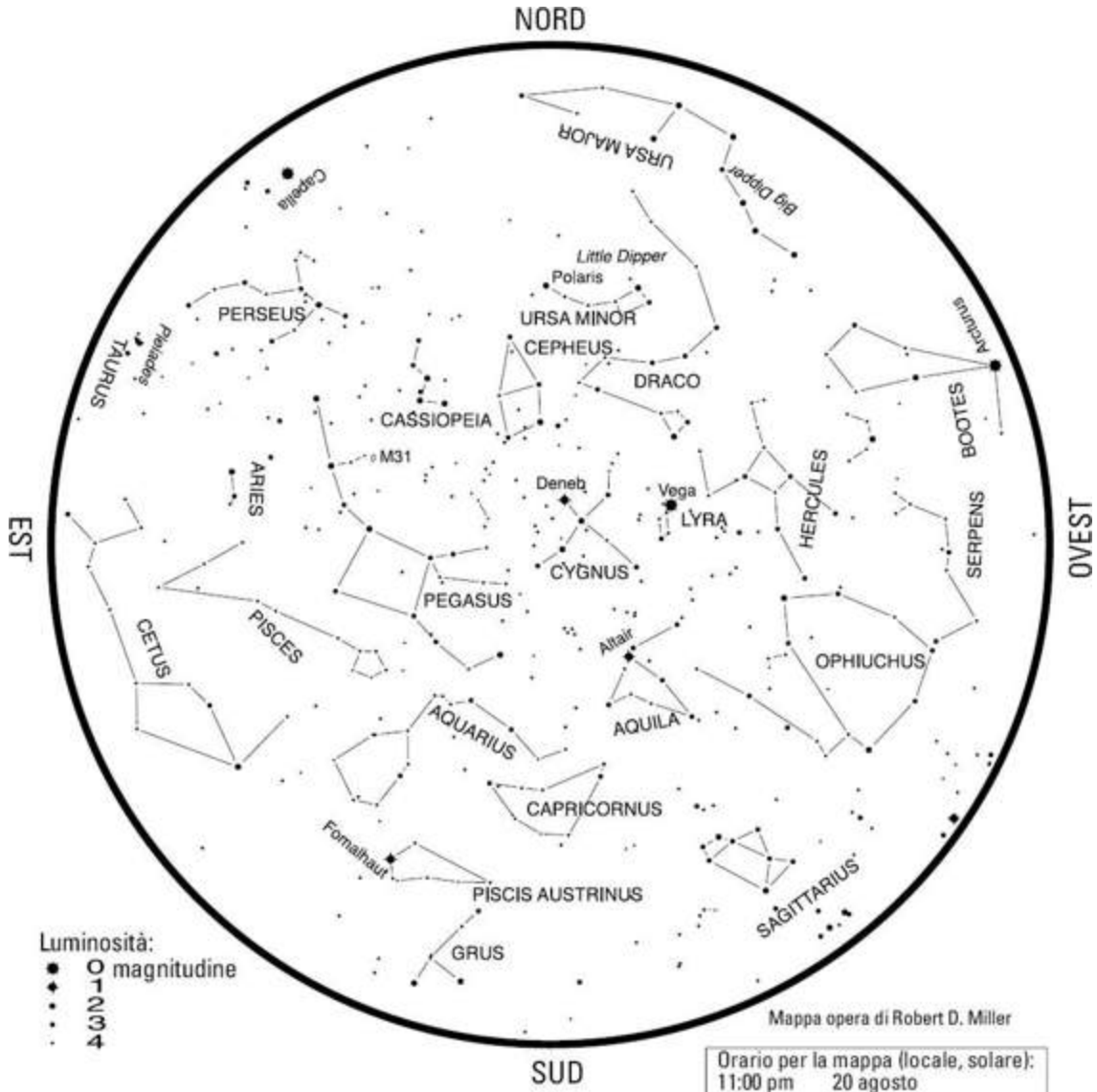
In questa parte...

Le due appendici offrono informazioni utili per migliorare le vostre osservazioni celesti negli anni futuri e per aiutarvi a navigare tra altri libri e articoli a stampa e digitali sull'astronomia e lo spazio. La prima appendice offre alcune mappe che vi aiuteranno per localizzare le costellazioni e scoprire stelle interessanti. La seconda appendice è un glossario che contiene definizioni semplici di alcuni termini astronomici che potrete utilizzare approfondendo il vostro hobby di osservatori del cielo.

Appendice A

Mappe stellari

Le pagine che seguono contengono otto mappe stellari – quattro relative all’Emisfero Boreale e quattro relative a quello Australe – che vi aiuteranno a intraprendere la via delle stelle.

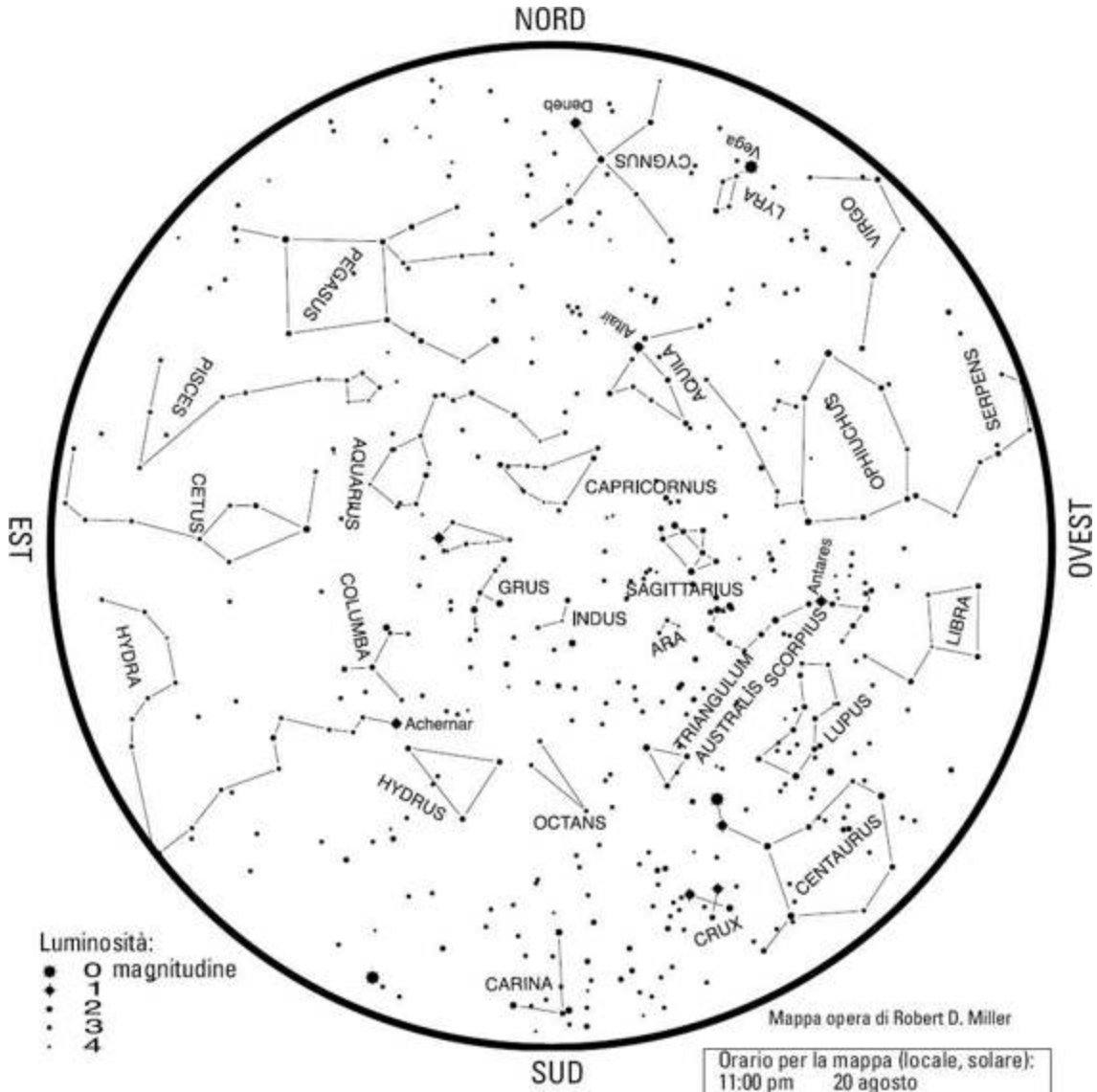


Luminosità:
 ● 0 magnitudine
 ◆ 1
 ○ 2
 ○ 3
 ○ 4

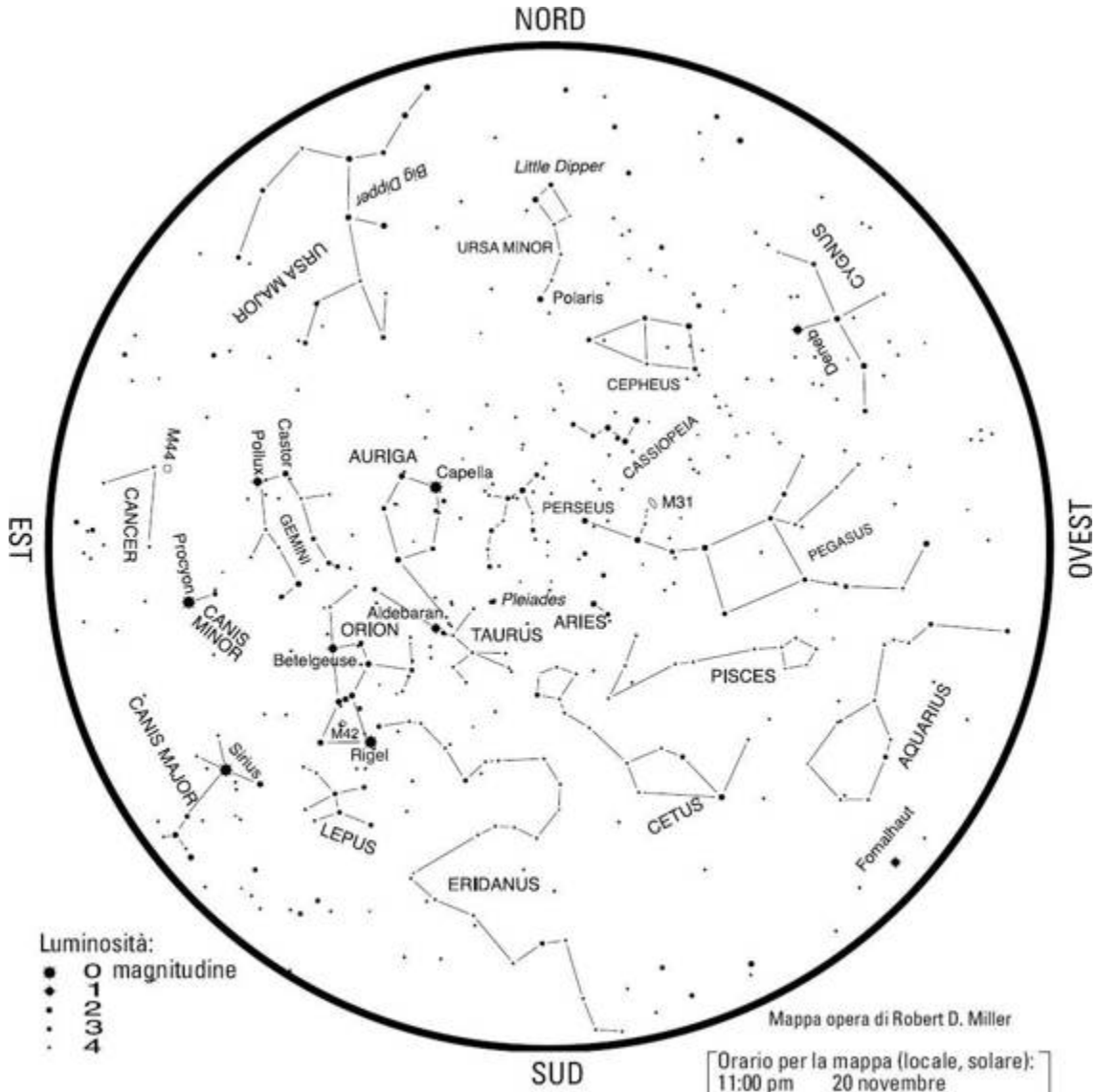
Mappa opera di Robert D. Miller

Orario per la mappa (locale, solare):	
11:00 pm	20 agosto
10:00 pm	5 settembre
9:00 pm	21 settembre
8:00 pm	5 ottobre

“Questa mappa vale per la latitudine 35° Nord, ma è utile per tutta Europa.”



“Questa mappa vale per la latitudine 35° Sud, ma è utile per tutto l’Emisfero Sud.”

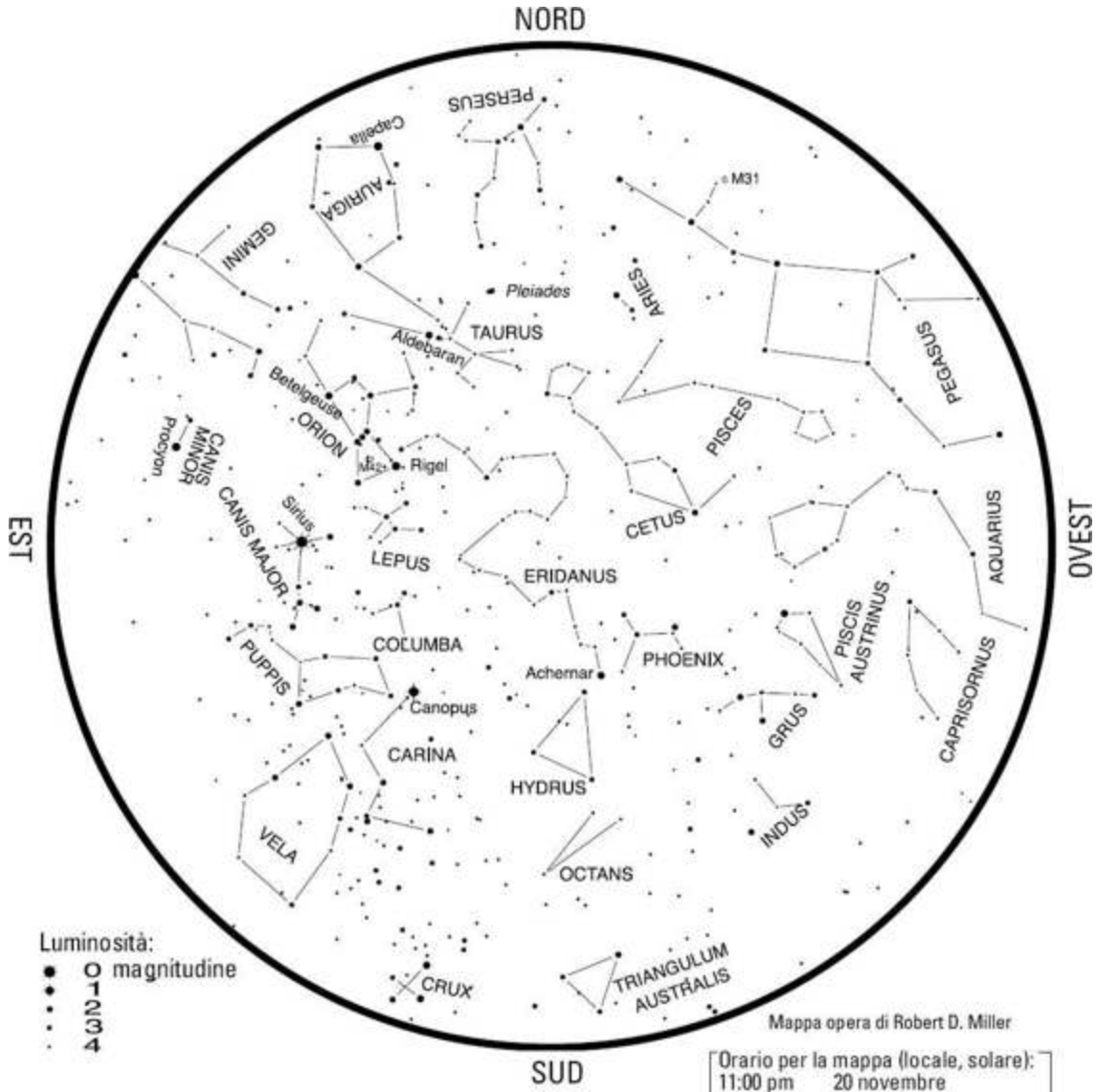


Luminosità:
 ● 0 magnitudine
 ● 1
 ● 2
 ● 3
 ● 4

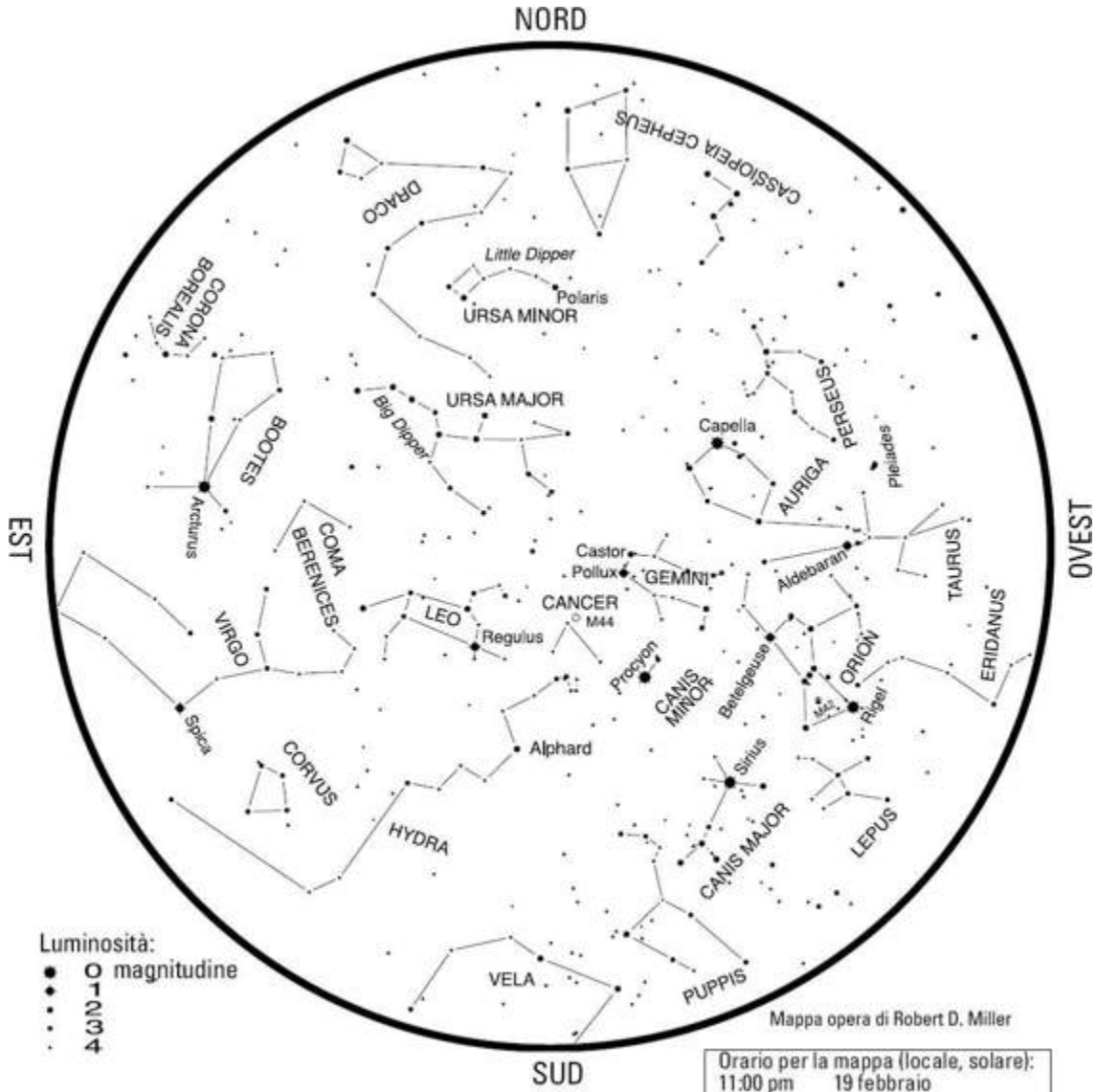
Mappa opera di Robert D. Miller

Orario per la mappa (locale, solare):	
11:00 pm	20 novembre
10:00 pm	7 dicembre
9:00 pm	21 dicembre
8:00 pm	6 gennaio

“Questa mappa vale per la latitudine 35° Nord, ma è utile per tutta Europa.”



"Questa mappa vale per la latitudine 35° Sud, ma è utile per tutto l'Emisfero Sud."

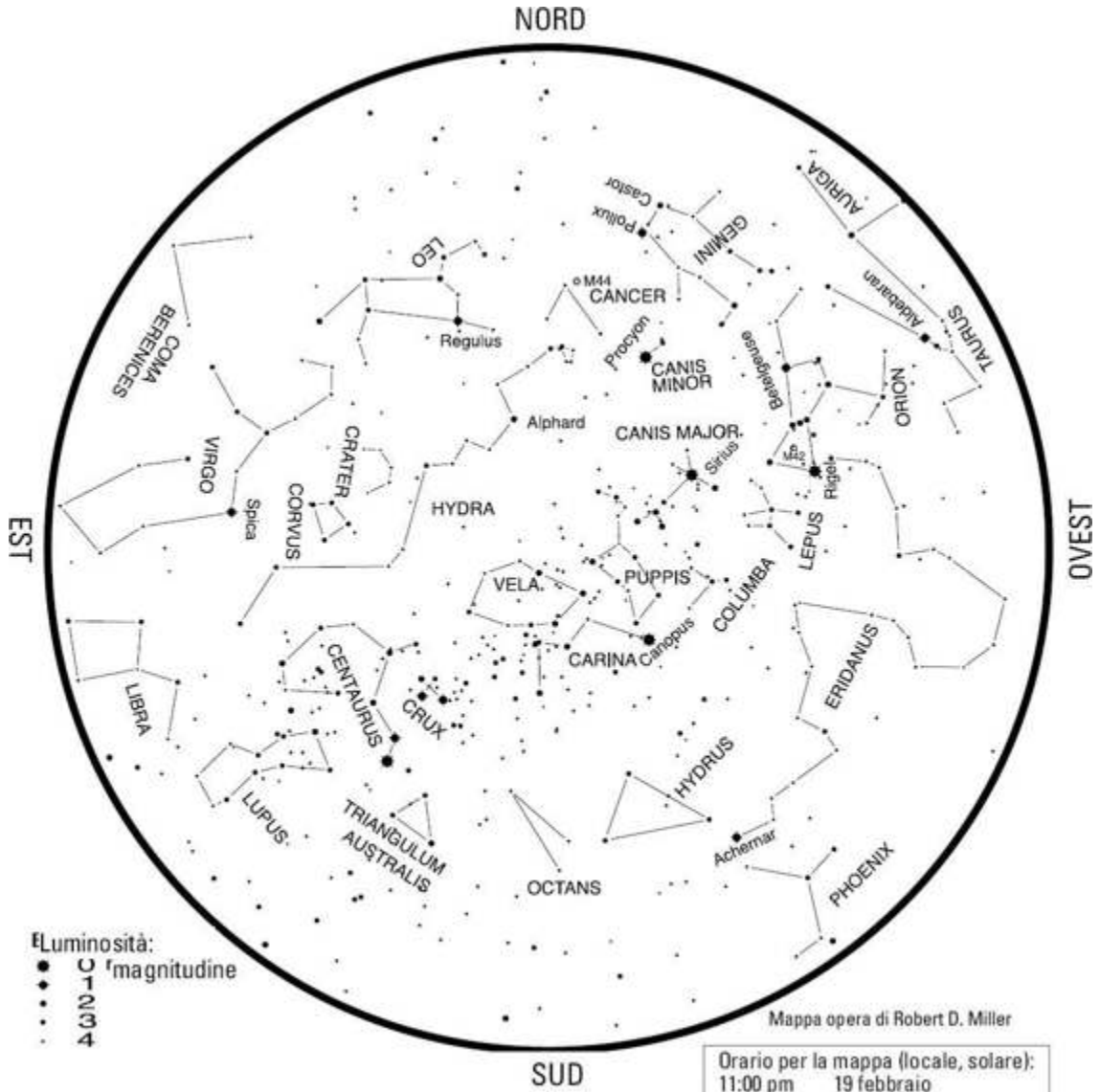


Luminosità:
 ● 0 magnitudine
 ● 1
 ● 2
 ● 3
 ● 4

Mappa opera di Robert D. Miller

“Questa mappa vale per la latitudine 35° Nord, ma è utile per tutta Europa.”

Orario per la mappa (locale, solare):	
11:00 pm	19 febbraio
10:00 pm	6 marzo
9:00 pm	21 marzo
8:00 pm	5 aprile

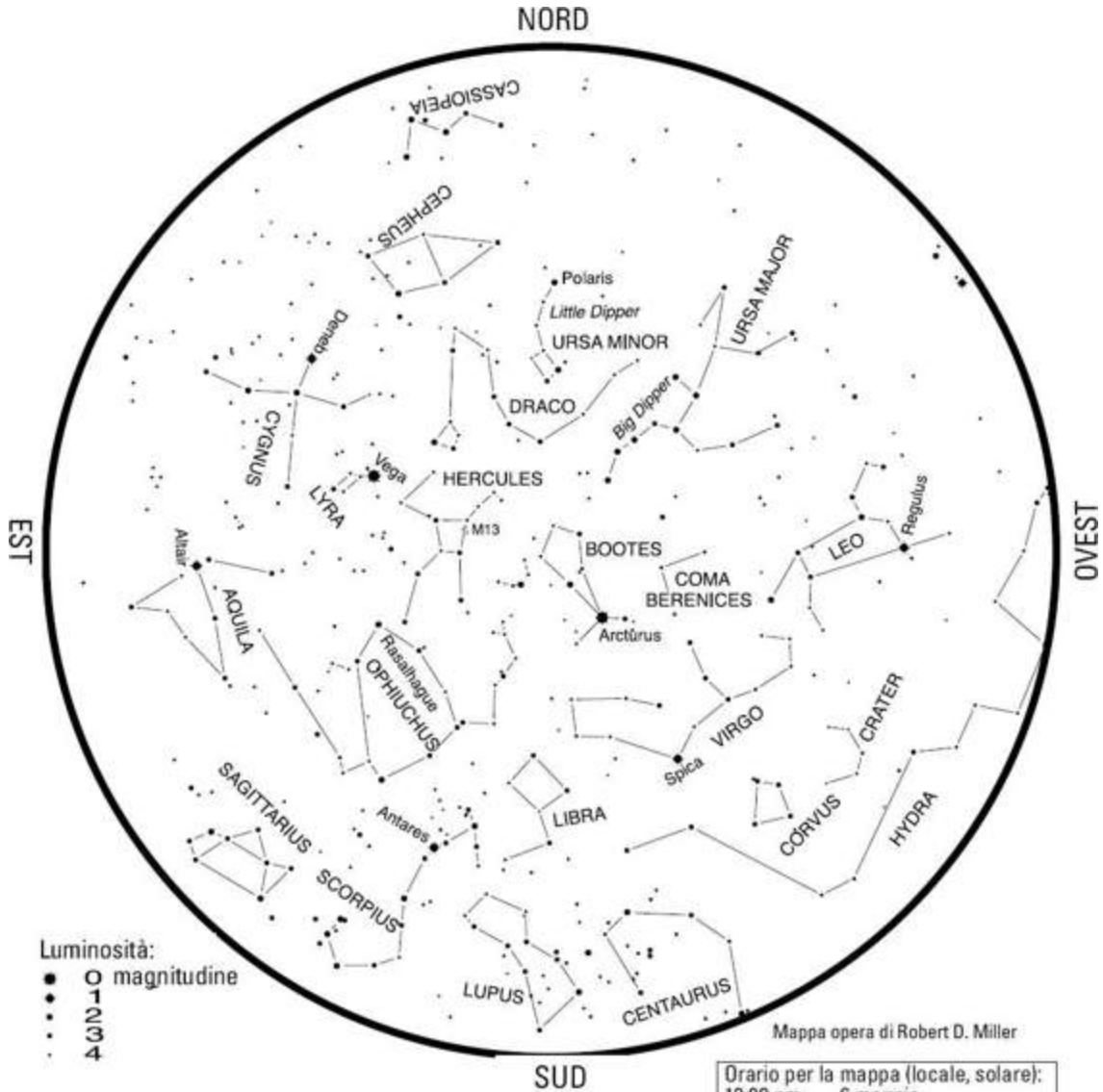


Luminosità:
 ● 1^a magnitudine
 ● 2^a
 ● 3^a
 ● 4^a

Mappa opera di Robert D. Miller

"Questa mappa vale per la latitudine 35° Sud, ma è utile per tutto l'Emisfero Sud."

Orario per la mappa (locale, solare):	
11:00 pm	19 febbraio
10:00 pm	6 marzo
9:00 pm	21 marzo
8:00 pm	6 aprile

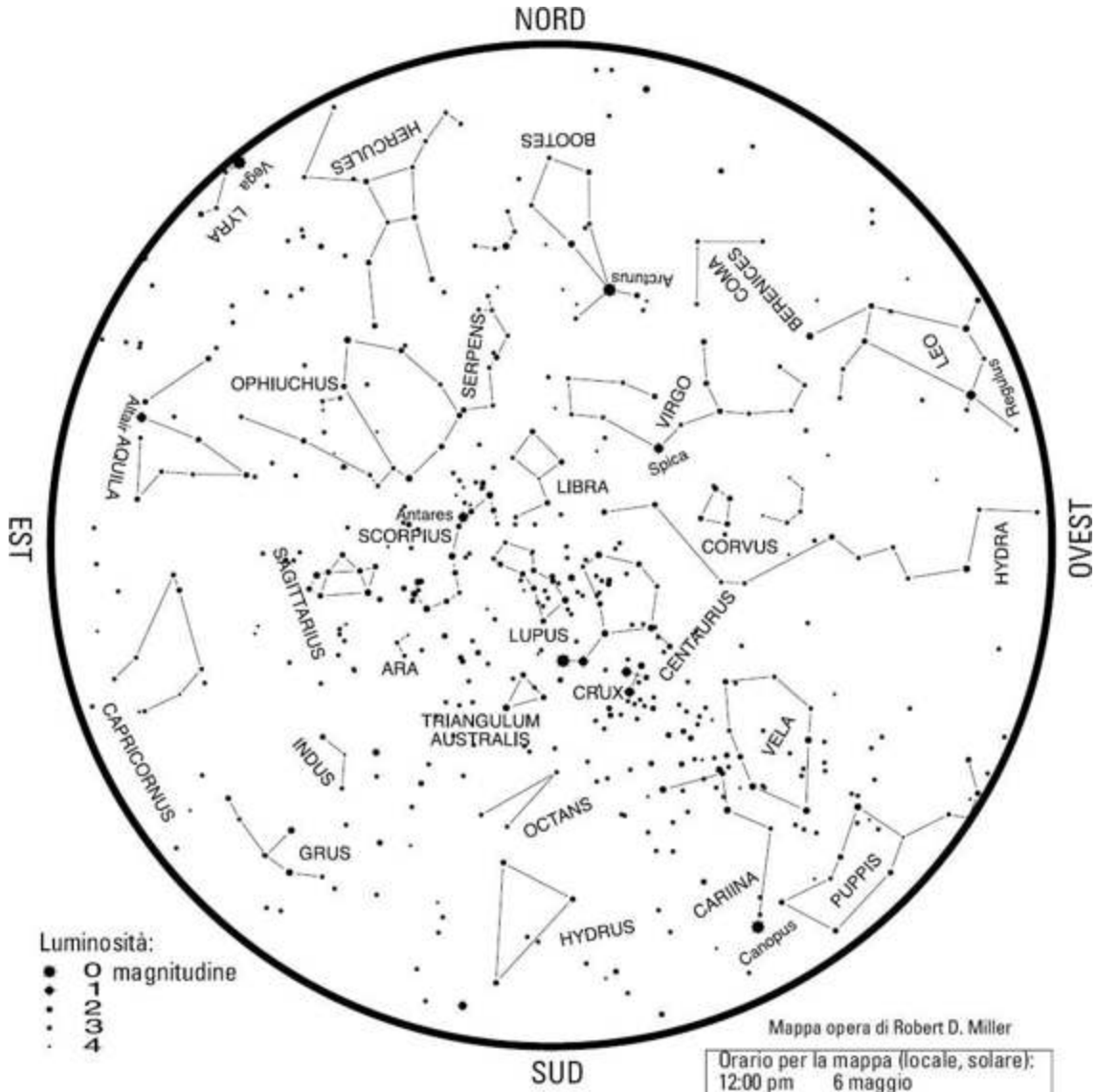


Luminosità:
 ● 0 magnitudine
 ● 1
 ● 2
 ● 3
 ● 4

Mapa opera di Robert D. Miller

“Questa mappa vale per la latitudine 35° Nord, ma è utile per tutta Europa.”

Orario per la mappa (locale, solare):	
12:00 pm	6 maggio
11:00 pm	21 maggio
10:00 pm	6 giugno
9:00 pm	21 giugno



“Questa mappa vale per la latitudine 35° Sud, ma è utile per tutto l’Emisfero Sud.”

Appendice B

Glossario

ammasso stellare: un gruppo di stelle tenute insieme dalla reciproca attrazione gravitazionale, formate più o meno contemporaneamente (ce ne sono di vari tipi, tra cui gli ammassi globulari e quelli aperti).

antimateria: materia composta da antiparticelle che hanno la stessa massa delle particelle ordinarie, ma carica elettrica opposta.

asterismo: un gruppo di stelle con nome proprio, per esempio il Grande Carro, che non fa parte di una delle 88 costellazioni ufficiali.

asteroide: uno dei tanti piccoli corpi celesti composti da roccia e/o metallo che orbitano intorno al Sole.

attività solare: cambiamenti nell'aspetto e nelle radiazioni emesse dal Sole che avvengono continuamente, su scale temporali brevi, medie e lunghe. Include eruzioni come le tempeste solari, le espulsioni di massa coronale e altri fenomeni come le macchie solari.

aurora polare: manifestazione di luce colorata nella parte superiore dell'atmosfera della Terra o di un altro pianeta, prodotta dalla collisione di particelle cariche con atomi e molecole gassose.

bolide: una meteora estremamente luminosa che sembra esplodere o produce un forte rumore.

buco nero: un oggetto con una forza di gravità tanto intensa che nulla può sfuggire dal suo interno, nemmeno un raggio di luce.

classe spettrale: un tipo di classificazione delle stelle basato sul loro spettro, solitamente legato alla temperatura della zona da cui si origina la

luce visibile della stella.

cometa: uno dei molti oggetti composti da ghiaccio e polveri che orbitano attorno al Sole.

costellazione: una qualsiasi delle 88 aree celesti che portano solitamente il nome di un animale, di un oggetto o di un'antica divinità (per esempio Ursa Major, Orsa Maggiore).

cratere: una depressione di forma tondeggiante sulla superficie di un pianeta, luna o asteroide creata dall'impatto con un corpo celeste, da un'eruzione vulcanica o dal collasso di una regione.

eclissi: la scomparsa parziale (eclissi parziale) o totale (eclissi totale) di un corpo celeste quando un altro corpo gli passa davanti o quando entra nell'ombra di un altro oggetto.

eclittica: l'apparente cammino del Sole sullo sfondo stellato.

effetto Doppler: il fenomeno per cui la luce o il suono vengono percepiti a una frequenza alterata a causa del movimento della loro sorgente rispetto all'osservatore.

energia oscura: un fenomeno fisico tutt'ora inspiegato che agisce come una forza repulsiva, causando l'espansione sempre più rapida dell'universo.

esopianeta: un pianeta di una stella diversa dal Sole, chiamato anche *pianeta extrasolare*.

esplosione di raggi gamma: un'intensa esplosione di raggi gamma che avviene senza preavviso in una parte qualunque dell'universo lontano.

galassia: un enorme sistema di miliardi di stelle, spesso con grosse quantità di gas e polveri.

gigante rossa: una stella molto grossa e luminosa con una bassa temperatura di superficie; anche lo stadio di età avanzato di una stella come il Sole.

macchia solare: una regione relativamente fredda e scura sulla superficie del Sole, causata dal magnetismo.

materia oscura: una o più sostanze sconosciute dello spazio che esercitano una forza gravitazionale sugli oggetti celesti; gli astronomi ne hanno scoperto l'esistenza proprio grazie alla forza esercitata.

meteora: il lampo di luce causato dalla caduta di un meteoroido attraverso l'atmosfera terrestre; il termine *meteora* viene spesso erroneamente utilizzato in riferimento al meteoroido stesso.

meteorite: un meteoroido caduto sulla Terra.

meteoroido: un sasso nello spazio, composto da roccia e/o metallo; probabilmente un frammento di asteroide.

nana bianca: un oggetto piccolo e denso che risplende dell'energia accumulata in precedenza, che sta svanendo; lo stadio finale della vita di una stella come il Sole.

nebulosa: una nube di gas e polveri nello spazio che può emettere, riflettere e/o assorbire la luce.

nebulosa planetaria: una nube di gas luminescente e in espansione, espulsa durante l'agonia di una stella come il Sole.

neutrino: una particella subatomica priva di carica e con massa molto piccola. Può passare attraverso un pianeta o addirittura attraverso il Sole.

occultazione: il fenomeno grazie al quale un corpo celeste passa di fronte a un altro, impedendo la vista a un osservatore.

oggetto Near Earth: un asteroide o cometa che percorrono un'orbita che li porta vicini all'orbita della Terra intorno al Sole.

orbita: il cammino seguito da un corpo celeste o da un veicolo spaziale.

palla di fuoco: una meteora particolarmente luminosa.

pianeta: un grosso oggetto celeste di forma rotonda che si forma in una nube appiattita attorno a una stella ma che, diversamente da una stella, non produce energia tramite reazioni nucleari.

pianeta nano: un oggetto celeste in orbita attorno al Sole, che non è una luna di un pianeta, che ha una massa sufficiente perché la sua stessa gravità

gli conferisca forma sferica e che non ha liberato la propria orbita da altri piccoli oggetti. Plutone è un pianeta nano.

pulsar: un oggetto piccolo, immensamente denso, che ruota molto velocemente su se stesso emettendo luce, onde radio e/o raggi X in uno o più fasci di luce, come quelli di un faro.

quasar: un oggetto piccolo ed estremamente luminoso al centro di una galassia lontana, che si pensa rappresenti l'emissione di energia dalla zona che circonda un buco nero gigante.

redshift: un aumento di lunghezza d'onda della luce o del suono, spesso dovuto all'effetto Doppler o, nel caso delle galassie distanti, all'espansione dell'universo.

rotazione: la rotazione di un oggetto celeste attorno a un asse che lo attraversa.

SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence): Ricerca di Intelligenza Extraterrestre, un progetto che si basa sulle osservazioni radioastronomiche (ma anche su altri tipi di osservazione) per cercare d'intercettare messaggi provenienti da civiltà presenti in altri luoghi dello spazio.

stella: una grossa massa di gas incandescenti tenuta assieme dalla propria forza di gravità e alimentata da reazioni nucleari.

stella binaria: due stelle che orbitano intorno a un comune centro di massa nello spazio; è detta anche sistema binario.

stella di neutroni: un oggetto con un diametro di appena 15 chilometri, ma con una massa maggiore del Sole (tutte le pulsar sono stelle di neutroni, ma non tutte le stelle di neutroni sono pulsar).

stella doppia: due stelle che appaiono molto vicine fra loro in cielo e che potrebbero essere fisicamente collegate (stella binaria) o non avere nessuna relazione fra loro e trovarsi a distanze differenti dalla Terra.

stella variabile: una stella la cui luminosità varia in maniera percettibile.

supernova: un'immensa esplosione che distrugge completamente una stella e che può dare origine a un buco nero o a una stella di neutroni.

terminatore: la linea che separa la porzione illuminata da quella scura di un corpo celeste che splende di luce riflessa.

transito: il passaggio di un oggetto celeste più piccolo, come Mercurio, di fronte a un oggetto più grande, come il Sole.

visibilità: la misura dell'immobilità dell'aria in un luogo per l'osservazione astronomica (quando la visibilità è buona, le immagini al telescopio sono più nitide).

zenith: il punto del cielo direttamente sopra l'osservatore.

Unità di misura celesti

anno luce: la distanza che la luce percorre nel vuoto in un anno; è pari a circa 9,46 migliaia di miliardi di chilometri.

ascensione retta: una coordinata celeste che corrisponde alla longitudine terrestre e che si misura in direzione est partendo dall'equinozio primaverile (un punto nel cielo in cui l'equatore celeste incrocia l'eclittica e in cui il Sole si trova nel primo giorno di primavera dell'Emisfero Boreale).

declinazione: la coordinata celeste che corrisponde alla latitudine terrestre e che si misura in gradi nord e sud rispetto all'equatore celeste.

magnitudine: unità di misura della luminosità relativa di una stella. A una magnitudine minore corrisponde una stella con luminosità maggiore. Per esempio: una stella di 1° magnitudine è 100 volte più luminosa di una stella di 6° magnitudine.

minuto d'arco/secondo d'arco: unità di misura celeste. Un giro completo attorno al cielo misura 360°, suddivisi in 60 minuti d'arco; ogni minuto d'arco è suddiviso in 60 secondi d'arco.

unità astronomica (AU): unità di misura della distanza nello spazio, pari alla distanza media fra Terra e Sole, cioè circa 150 milioni di chilometri.

Indice analitico

• A •

AAVSO (American Association of Variable Stella Observers, associazione americana degli osservatori delle Stelle Variabili)
acceleratori di particelle
acidofili
acqua
 ciclo
 su Marte
 sulla Terra
 su Urano e Nettuno
adattamento alla visione notturna
Agenzia Spaziale Europea
AGN, nuclei galattici attivi
 modello unificato degli AGN
 potenza
 tipi
alcalofili
Alfa Centauri
Alfa Centauri B
Alfa Centauri C
Alfa e Beta Centauri
Alfa Lyrae
alieni, *vedi* SETI
Allen Telescope Array (ATA)
alone di materia oscura
Alpha Magnetic Spectrometer (AMS-02)

ALPO (Association of Lunar and Planetary Observers, associazione degli
osservatori della Luna e dei pianeti)
altazimutale, montatura
AM Herculis, sistema
American Association of Variable Stella Observers (AAVSO)
ammassi aperti
ammassi di galassie
ammassi stellari
ammassi stellari globulari
ammasso della Vergine
Andromeda
Andromeda, Galassia di
anello di diamanti
Anglo-Australiano, Osservatorio
anisotropia
anno intercalare
annichilazione, radiazione di
anno luce
 in generale
 come unità di distanza
 magnitudine limite
anulare, eclissi di Sole
Anulare, Nebulosa
antimateria
antiprotone
Aoraki Mackenzie International Dark Sky Reserve
apertura, del binocolo
Apollo, missioni lunari
apparente, magnitudine
apparizione
app
arco, aurora ad
arco minuto
arco secondo
Arizona State University
ascensione retta (RA)
asse

- assioni
- associazioni astronomiche
- associazioni OB
- asterismo
- asteroidi
 - in generale
 - collisioni
 - crateri
 - killer
 - frammentazione
 - protezione della Terra
 - ricerca
- asteroidi, fascia principale degli
 - in generale
 - meteoroidi asteroidali
 - oggetti maggiori
- astrobiologia
- AstroFest
- AstroGizmo
- astronomi
 - in generale
 - attività
 - partecipazione alla ricerca scientifica
 - professionisti
- astronomia
 - definizione
 - pianificazione
 - riviste
- Astronomical League
- Astronomical Society of the Pacific
- Astronomy*, rivista
- Astronomy Now*, rivista
- atlante stellare
- atmosfera
- attività solare
- aurora
- aurora ad arco

aurora australe
aurora boreale

• **B** •

Baily, grani di
BaK-4, vetro
Baltis, Valle di (Venere)
banda passante
barionica, materia oscura
barofili
Bell Telephone Laboratories
Beta Aquilae
Beta Persei
Betelgeuse (stella)
Big Bang, teoria del
 in generale
 inflazione
 prove
 validità
Big Bear Solar Observatory
Big Bend National Park
Big Crunch
binarie, stelle
binario, sistema
binocolo
 in generale
 apertura, del
 con gli occhiali
 costo
 per vedere
 prismi, vetro e forma
 quello giusto
biosfera
bipolari, nebulose
BK-7, vetro
BL Lac (oggetti BL Lacertae)

blazar
blueshift
bolide
British Astronomical Association
Bruno, Giordano
buchi bianchi
buchi neri
 in generale
 a massa intermedia
 a massa stellare
bulge
 definizione
 dintorni
 galassie e buchi neri
 interno
 nella Via Lattea
 misure
 ricerca
 stelle inghiottite
 supermassivi
bulge

• C •

cadenti, stelle, *vedi* meteore
calante, Luna
calante, gibbosa della Luna
Caldwell Program Object, elenco
Callisto
Caloris, cratere di Mercurio
campo geomagnetico
canali di Marte
canaloni
Canis Major (Cane Maggiore)
carbone, pianeta
Carena, nebulosa
Caronte, luna di Plutone

Cassegrain, telescopio
Cassini, divisione di
Cassini, sonda
Catania, Osservatorio Astrofisico di
Cefeidi, stelle variabili
Centaurus A, galassia
centrifuga, forza
centro di massa
Centro Visite del Very Large Array (VLA)
Ceres
Cerro Tololo
Chandra X-ray Observatory
Cherry Springs State Park
Chicxulub, cratere
Chioma di Berenice
Chioma, Gruppo della
cielo, geografia
cielo, mappe, *vedi* mappe stellari cielo, misure
cielo, oscurità del
circumpolari, stelle
Citizen Science
Citizen Science, progetto PlanetHunters
classe spettrale,
 definizione
 delle stelle
Clayton Lake State Park
Club d'astronomia
COAA (Centro de Observação Astronómica no Algarve)
coda delle comete
coda di polveri, cometa
coda di plasma, cometa
colore-magnitudine, diagramma
colori nel cielo
cometa, caccia alla
cometa Ikeya-Seki
cometa IRAS-Iraki-Alcock
cometa McNaught

cometa West
comete
 in generale
 definizione
 caccia alla
 chioma
 code
 del secolo
 differenza con le meteore
 localizzazione
 nucleo
 struttura
 riferire gli avvistamenti
congiunzione
cono d'ombra
continenti, deriva dei
convettiva, zona del Sole
Copernico, Niccolò
Copernicus, cratere
corona, del Sole
coronale, emissione di massa
corridoio d'ombra
Cosmic Background Explorer (COBE), NASA
costante solare
costellazioni
 in generale
 definizione
 nomi
 stelle più luminose
crateri
 in generale
 Caloris
 Chicxulub
 Copernicus
CraterSizeXL
crescente, Luna
criofili

criosfera
criovulcanismo
Croce del Nord
Croce del Sud
crociere, per l'eclissi
cromosfera
crosta, della Terra
Curiosity, rover su Marte
curvatura positiva e negativa
Cygnus (Cigno)

• **D** •

datazione radiometrica
declinazione (Dec)
densità critica
deriva dei continenti
diamante, pianeta
diamanti, anello di
diametro angolare
Dione, luna di Saturno
Dirac, Paul
distorsione spaziotemporale
Doppler, Christian
Doppler, effetto
 definizione
 e le stelle binarie
Drake, equazione di
Drake, Frank

• **E** •

Earth Impact Database
eclissi
 definizione
 di stelle binarie
 e animali

lunare
occultazioni
solare
eclissi, crociere
eclittica
eclittica, latitudine
eclittica, longitudine
Edmund Scientific
effemeride
effetto Doppler
effetto serra
effetto Stark
effetto Zeeman
Eight-Burst, nebulosa
Einstein, Albert
 legge della gravitazione
 Teoria Generale della Relatività
eliocentrica, teoria
elongazione
Elsa
Encelado
energia
 oscura
 High Energy Stereoscopic System (HESS)
 del Sole
Equinozio d'autunno
Equinozio di primavera
Eris
esoTerra
esopianeti,
 in generale
 definizione
 come trovarli
 immagini dirette
 i più interessanti
 tempi di pulsazione
espansione dell'universo

estate

- in generale

- e distanza Terra-Sole

- Solstizio

estremofili

Eta Carinae

Europa, satellite di Giove

- in generale

- ricerca di forme di vita

Exmoor National Park

• *F* •

Fairbanks, Alaska

falso colore

fascia di totalità

fasce d'ombra

Fermi Gamma-ray Space Telescope, NASA

Fieldview Guest House

filamenti

fluttuazioni quantistiche

Ford, Kent

forza centrifuga

forza di marea

fossili, tracce su Marte

fotini

fotosfera

Foucault, pendolo

fusione nucleare

• *G* •

galassie

- a bassa luminosità

- ammassi di

- a spirale

- a spirale barrata

- bulge
- ellittiche
- irregolari
- lenticolari
- nane
- ospitanti
- osservazione
- tipi di
- Galaxy Zoo
- Galilei, Galileo
 - in generale
 - tecnica di proiezione
 - stop down sul telescopio
- Galileo, sonda, NASA
- Galloway Forest Park
- Gamow, George
- Ganimede, luna di Giove
- Geauga County Observatory Park
- Geminidi
- geologia lunare
- getti dei quasar
- gigante rossa
- giorno sidereo
- Giove
 - in generale
 - anelli
 - comete e asteroidi
 - dentro
 - Grande Macchia Rossa
 - lune
 - osservazione
- gioviano, esopianeta
- Goldendale Observatory State Park
- Goldilock, pianeta
- Google Sky Map
- GoSatWatch
- Granchio, nebulosa

Grande Carro
Grande Cometa del 1910
Grande Impatto della Luna, teoria del
Grande Muraglia
GRAIL, missione (Gravity Recovery and Interior Laboratory)
gravità
 in generale
 effetto sul Sole
 trattore gravitazionale
 lensing gravitazionale
 redshift gravitazionale
Greenwich, meridiano
Greenwich Mean Time
Greenwich Observatory
Griffith Observatory e Planetario, California
Gruppo Locale delle Galassie
Guth, Alan

• **H** •

H-II, regioni
Hale-Bopp, cometa
Halley, cometa
H-alpha, filtri solari
Hayden Planetarium, American Museum of Natural History, New York
Headlands
Herbig-Haro, oggetti
Hertzsprung-Russell, diagrammi, *vedi* H-R, diagrammi
High Energy Stereoscopic System (HESS)
Hortobágy National Park
hotel telescopio
H-R, diagrammi
Hubble, costante di
Hubble, Edwin P.,
Hubble, flusso
Hubble, legge di
Hubble, telescopio spaziale

Hubble, sequenza di
Hyakutake

• **I** •

Iadi, ammasso stellare

idrosfera

inflazione

 Big Bang

 forma dell'universo

vacuum

inquinamento luminoso

INTEGRAL, satellite

International Astronomical Union

International Dark-Sky Association (IDA)

International MarsWatch

International Meteor Organization

International Occultation and Timing Association (IOTA)

International Outer Planet Watch

International Space Station, o Stazione Spaziale Internazionale

Io

ionizzazione, stato di

ipernove

ipertermofili

Ipparco

IRAS-Iraki-Alcock, cometa

Iridium, satelliti

isotopi radioattivi

isotopo figlio

• **J** •

Jenniskens, Petrus

Jewitt, David

Jodrell Bank Observatory, England

Johns Hopkins University

• **K** •

KBO, oggetti della Fascia di Kuiper
Kepler Explorer, app
Kepler satellite, NASA
Keplero, Stella di
Kielder Forest Stella Camp
Kingsley, Stuart
Kirshner, Robert
Kitt Peak National Observatory, Arizona
Kuiper, Fascia di

• **L** •

Laguna, nebulosa
Large Hadron Collider (LHC)
latitudine galattica
lato oscuro della Luna
Leavitt, Henrietta
lenti obbiettive
Leonidi
Levy, David
LHC (Large Hadron Collider)
Lincoln Near Earth Asteroid Research (LINEAR), progetto
Lira, costellazione
litosfera
Loch Ness Productions, Colorado
longitudine galattica
Lowell Observatory, Arizona
Lowell, Percival
luce
 in generale
 delle stelle
 diurna
 inquinamento luminoso
 rossa
luminosità
 in generale

classi di
delle stelle
matematica della
Luna (della Terra)
in generale
altipiani
calante
disegni
eclissi, date future
eclissi parziale
fasi
geologia
ghiaccio lunare
lato oscuro
lato vicino
mappe
mezza
montagne
nucleo
nuova
origine
pianure di lava
picchi centrali
Polo Sud-Aitken, cratere
quarto
suolo
temperature estreme
teoria del grande impatto
vulcanismo
lunazione
lune
di Giove
di Nettuno
di Plutone
di Saturno
di Urano
galileiane

ricerca di forme di vita
Luu, Jane

• **M** •

macchie solari

in generale

cicli

numero

osservazioni

MACHO (Massive Compact Halo Objects, oggetti massicci compatti di
alone)

Magellano, Nubi di

Magellano, sonda NASA

magnetiche, riconessioni

magnetismo

magnetismo solare

magnetografi

magnetosfera

magnitudine

magnitudine apparente

magnitudine assoluta

Maksutov-Cassegrain, telescopi

Manubrio, nebulosa

mappa di albedo

mappe stellari

mareale, distruzione

maria

Mars Express, satellite

Mars Global Surveyor (MGS)

Mars Odyssey

Mars Reconnaissance Orbiter

Mars Science Laboratory

Marte

in generale

acqua

Curiosity, rover su Marte

- fossili
- osservazione
- ricerca della vita marziana
- rocce sulla Terra
- Spirit, rover su Marte
- materia oscura
 - in generale
 - definizione
 - barionica
 - e orbite stellari
 - fredda
 - non barionica
 - prove
 - ricerca
- materia visibile
- Mauna Kea Observatories, Hawaii
- McNaught, cometa
- Meade ETX-90
- Mercurio
 - in generale
 - osservazione
 - segni di superficie
- mese sinodico
- Messenger, sonda della NASA
- Messier, Charles
- Messier, Catalogo
- Meteor Collector
- Meteor Counter, NASA
- Meteor Counter, app
- meteore
 - definizione
 - bolidi
 - come fotografare
 - come riferire alla NASA
 - osservazione
 - palle di fuoco
 - tempeste di

- tipologie
- sporadiche
- meteoriti
 - in generale
 - età
 - temperatura
- meteoroidi
 - in generale
 - definizione
 - asteroidali
 - cometari
 - fascia dei
- microlensing
- micrometeoriti
- Minor Planet Center (MPC)
- Mira, stelle variabili
- MMT Observatory, Arizona
- Modello Unificato dei Nuclei Galattici Attivi (AGN)
- montatura equatoriale
- montatura altazimutale
- moto superluminale
- Mount Wilson Observatory, California
- MPC (Minor Planet Center)
- multiverso
- MultiWavelength Via Lattea, NASA

• **N** •

- nana bianca
 - in generale
 - luminosità
 - sui diagrammi di H-R
- nana bruna
- Natural Bridges National Monument
- National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA)
- National Radio Astronomy Observatory
- National Solar Observatory, New Mexico

Near Earth Asteroid Tracking (NEAT), progetto NASA

Nebraska Star Party

nebulosa

- in generale

- a riflessione

- bipolare

- osservazione

- planetaria

- protoplanetaria

Nettuno

- in generale

- Grande Macchia Scura

- lune

- osservazione

neutralini

neutrini

neutrini solari

New General Catalogue, Nuovo Catalogo Generale

New Horizons, sonda spaziale

Newton, Isaac

NGC 205, galassia

NGC 4755 ammasso aperto

NGC 6231, ammasso stellare

The Night Sky (di D. Chandler), planisfero

Night Sky Network, NASA

nomade, pianeta

nomi di stelle e costellazioni

North American Meteor Network

nova

Nube Molecolare di Orione

nubi

- in generale

- su Giove

- su Nettuno

- su Saturno

- su Urano

- su Venere

Nubi di Magellano, Grande e Piccola
nubi molecolari giganti
nubi natali
nucleo
 della Luna
 della Terra
 delle stelle
 del Sole
 di una cometa
 galattico attivo

• **O** •

OB, associazioni
Observer's Inn
occultazione
 in generale
 cronometrare
 seguire
oculare (di binocolo e telescopio)
oggetti BL Lacertae
oggetti Near Earth (NEO)
 in generale
 definizione
 proteggere la Terra
Olimpo, Monte
ombra lunare
O'Meara, Stephen J.
Oort, Nube
opposizione
orbita
 definizione
 periodo di
 piano orbitale
 prograda
Orion ShortTube 80 Equatorial Refractor
Orione

Orione, Nube Molecolare
Orione, nebulosa
Orionidi
orizzonte degli eventi
Orsa Maggiore
osservatori professionali
osservazioni
 a occhio nudo
 con binocolo
 con telescopio
ossigeno sulla Terra
OVV (optically violently variable quasars), quasar fortemente variabili

• P •

Pallas, asteroide
palle di fuoco
Palomar Observatory, California
PAMELA (Payload for Antimatter Matter Exploration and Light-nuclei
 Astrophysics, satellite per l'esplorazione dell'antimateria e l'astrofisica
 dei nuclei leggeri)
Panoramic Survey Telescope & Rapid Response System (Pan- STELLARS)
parchi del cielo notturno
Parkes Radio Telescope, Australia
parsec
pennacchi del mantello
penombra
Penzias, Arno
Perseidi
Perseo
PHA (potentially hazardous asteroids, asteroidi potenzialmente pericolosi)
pianeta carbone
pianeta diamante
pianeta nano
pianeta nomade
pianeta retrogrado
pianeti

in generale
eclittica
esopianeti
esterni
ghiacciati
piano orbitale
Piccolo Carro
planetari
planetologia comparata
planisferi
Pleiadi, ammasso stellare
Plutini
Plutone
 in generale
 dimensioni
 inclinazione
 lune
 osservazione
 scoperta
polarizzato
Polinesia
Polo Nord Celeste, North Celestial Pole (NCP)
Polo Sud-Aitken, cratere lunare
Polo Sud Celeste, South Celestial Pole (SCP)
Pontico, Eraclide
poro
positrone
Presepe
prismi di Porro
Progetto Ozma
proiezione, tecnica di
prominenze solari
Proxima Centauri
pubblicazioni astronomiche, fonti
pulsar

• Q •

Quadrantidi

Quadrato di Pegaso

quasar, *vedi anche* Active Galactic nuclei (AGN)

in generale

definizione

getti

misura delle dimensioni

oggetti quasistellari (QSO)

OVV (optically violently variable quasars), quasar fortemente variabili

spettri

• R •

radiativa, zona del Sole

radiazione cosmica di fondo

in generale

mappare l'universo con

radiazione di annichilazione

radiogalassie

radiotelescopi

radiotelescopio Very Long Baseline Array

raggi

cosmici

della Luna

gamma

infrarossi

ultravioletti

X

Rea

redshift

redshift gravitazionale

regioni dell'aurora

Il regno delle nebulose (di Edwin P. Hubble)

relazione periodo-luminosità

Rendezvous-Shoemaker, sonda

retrogrado, moto

retrogrado, pianeta
ricerca delle stelle esplosive (supernove)
ricerca per l'intelligenza extraterrestre, *vedi* SETI (Search for
Extraterrestrial Intelligence)
riconessioni magnetiche
rifrattore, telescopio
rivoluzione
Robert C. Byrd Green Bank Telescope
rotazione
rotazione della Terra
Royal Astronomical Society of Canada
Royal Observatory, Greenwich
RR Lyrae, stelle
RTMC Astronomy Expo
Rubin, Vera

• S •

Sacco di Carbone, nebulosa nella Croce
Sacco di Carbone del Nord, nebulosa
Sagittarius A*, buco nero
San Pedro Valley Observatory
Sark Dark Sky Island
satelliti artificiali
 in generale
 Hubble, telescopio spaziale
 intorno a Marte
 Iridium
 osservazione
 satellite gravity tractor
Saturno
 in generale
 anelli
 dentro
 lune
 tempeste
Schmidt-Cassegrain, telescopi

SCP (South Celestial Pole), Polo Sud Celeste
Scrigno di Gioie, ammasso stellare
Sculptore, galassia
secondo intercalare
sequenza di Hubble
sequenza principale delle stelle
SERENDIP
Serpens (Serpente)
serra, effetto
SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence, Ricerca per l'Intelligenza
Extraterrestre)
in generale
partecipare
progetti
progetto Phoenix
Sette Sorelle
Seyfert, galassie di
sidereo, giorno
singolarità
Sirio
sistema binario
Sky and Telescope, sito
Sky & Telescope, rivista
Sky & Telescope, planetario online (programma)
Sky & Telescope Shop
Sky Safari
Sky Safari Pro
Society for Popular Astronomy
software
SOHO, satellite
Solar Dynamics Observatory
Sole
aspettativa di vita
attività solare
corona
costante solare
cromosfera

dimensioni e forma
eclissi solare
eclissi solare, occhiali 3D
energia
foto su Internet
fotosfera
gravità
macchie
magnetismo
magnitudine
neutrini solari
nucleo
osservazione sicura
pressione
vento solare
zona convettiva
zona radiativa
Solstizio d'estate
Solstizio d'inverno
Sombbrero, galassia
SPACE (San Pedro de Atacama Celestial Explorations)
Space Junk Lite
specchi, dei telescopi
spettroscopia stellare
Spiegel, Edward
spirale, galassia a
spirale barrata, galassia a
Spirit, rover su Marte
squark
stagioni
Stardust, sonda NASA
Stark, effetto
Stazione Spaziale Internazionale (International Space Station)
stella
definizione
app di identificazione
ciclo vitale

esplosione
luminosità
nomi
nucleo
oggetti stellari giovani, young stellar objects (YSO)
sequenza principale
stadio terminale dell'evoluzione

Stella Polare

stellare, ammasso

Stellarium, app

stelle

a massa intermedia

binarie

cadenti, *vedi* meteore

Cefeidi, stelle variabili

circumpolari

della sera e del mattino

di neutroni

doppie

esplosive

feste delle

fisse

giganti rosse

ipernove

massive

multiple

nane bianche

nane brune

nove

pulsanti

quadruple

RR Lyrae

supergiganti rosse

supergiganti blu

triple

variabili estrinseche

variabili intrinseche

Sudbury Neutrino Observatory
superammassi
superluminale, moto
supernova
Supernova 1987A
supernove di Tipo Ia
supernove di Tipo II
supernove, residui di
superTerra
Swift, satellite
Syrtis Major

• **T** •

tachioni
Tarantola, nebulosa
Tatooine, pianeta
telescopio, *vedi anche* Hubble telescopio spaziale
 in generale
 acquisto
 a raggi X
 classificazione
 montature
 osservazione delle eclissi solari
 osservazione del Sole
 per le comete
 riflettore newtoniano
 rifrattore
 Schmidt-Cassegrain, telescopi
 stop down
 radiotelescopio
Tempo Sidereo Apparente Locale
Tempo Universale Coordinato, UTC
Terra
 in generale
 campo magnetico
 età

mantello
maree oceaniche
nucleo
regioni
rivoluzione
rotazione
unicità
tettonica a placche
Texas Star Party
TheSkyX
Tipo Ia, supernove
Tipo II, supernove
Titano
 in generale
 ricerca di forme di vita
Tombaugh, Clyde
Toro
Tracker, satellite
trans-nettuniano, corpo
transito,
 definizione
 osservare un pianeta in
transizione, regione di
trasparenza
Triangolo, galassia
Trifida, nebulosa
Tritone, luna di Nettuno
Trojan, asteroidi
Tromsø, Norvegia
T Tauri, stelle
turbolenza

• **U** •

UCLA
Unità Astronomica (AU)
Universal Time (UT)

universo,
destino
espansione
forma
teoria del Big Bang

Urano

in generale
inclinazione
lune

osservazione
Polo Nord e Sud

U.S. Naval Observatory (USNO)

• V •

vacuum, motore dell'inflazione

Valles Marineris

Van Allen, fasce di radiazione

Vega

Venere

in generale
confronto con la Terra
crateri
fasi
osservazione
piogge che evaporano
stella della sera e del mattino
temperatura
transiti
vulcani

Venere mareale

Venus Express

Vergine, ammasso

VLA (Very Large Array Visitor Center)

Very Long Baseline Array, radiotelescopio

Vesta, asteroide

vetro

BK-7
BaK-4
Via Lattea
 in generale
 forma
 formazione
 localizzare
 oltre
 osservazione
Via Lattea, progetto
virga
visibilità
visibilità, buona
visione laterale
vita
 sulla Terra
 su Marte
 nell'universo, *vedi* SETI
Vortice, galassia
Voyager 1, sonda
Voyager 2, sonda
vulcanismo
 criovulcanismo
 su Io
 sulla Luna
 su Marte
 sulla Terra
 su Venere

• W •

Wesley, Anthony
West, cometa
Wilcox Solar Observatory
Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP)
Wilson, Robert

WIMP (weakly interacting massive particles, particelle massive debolmente interagenti)

• **Y** •

Yellowknife, Canada

Yellowstone National Park

YSO (young stellar objects) oggetti stellari giovani

• **Z** •

Zeeman, effetto

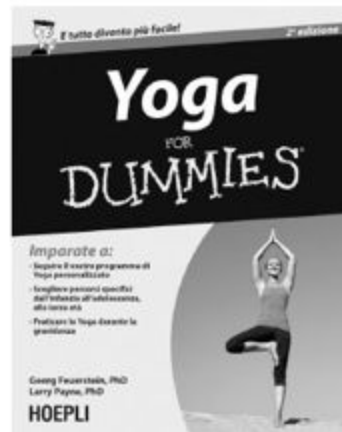
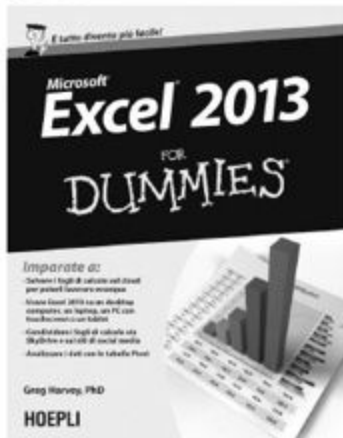
zenith

Zodiaco, costellazioni sull'eclittica

Zooiti

Zwicky, Fritz

E tutto diventa
più facile!



PER CONCESSIONE DI E. KOLLERER, H. RAAB, JOHANNES-KEPLER-OBSERVATORY, LINZ, AUSTRIA



La Cometa Hale-Bopp apparsa nell'aprile 1997. Il [Capitolo 4](#) spiega tutto su comete, grandi palle di ghiaccio e polveri.



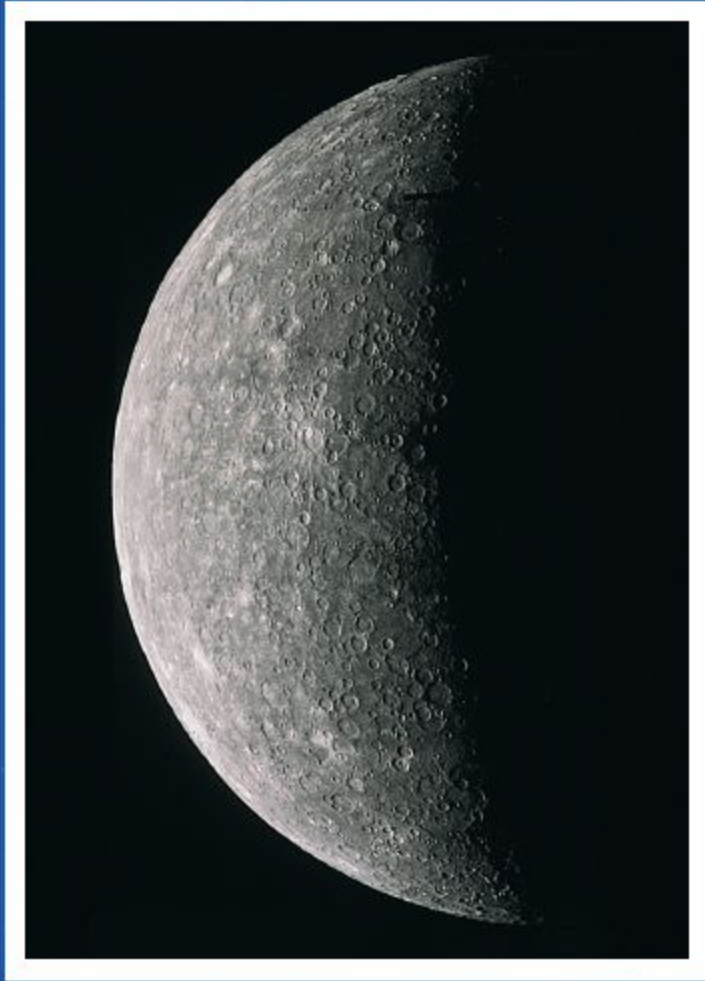
PER CONCESSIONE DELLA NASA

La Terra vista dalla Luna. Andate al [Capitolo 5](#) per scoprire la nostra casa, un luogo unico nel sistema solare.

PER CONCESSIONE DELLA NASA



La Luna, fotografata dalla navicella Galileo nel suo viaggio verso Giove. Il cratere chiaro raggiato sul fondo dell'immagine è il cratere d'impatto Tycho. Le aree scure sono crateri d'impatto pieni di roccia lavica. Il [Capitolo 5](#) esplora la Luna nei dettagli.



PER CONCESSIONE DELLA NASA

Mercurio, il pianeta più vicino al Sole, spesso non si vede a occhio nudo, perso nel bagliore solare. Scoprirete Mercurio nel [Capitolo 6](#).



Per concessione NASA/PL

Venere è coperto di nubi, ma il radar le penetra e svela questa mappa del pianeta. Un pianeta secco e acido, spiegato nei particolari nel [Capitolo 6](#).



Per concessione NASA/PL/General

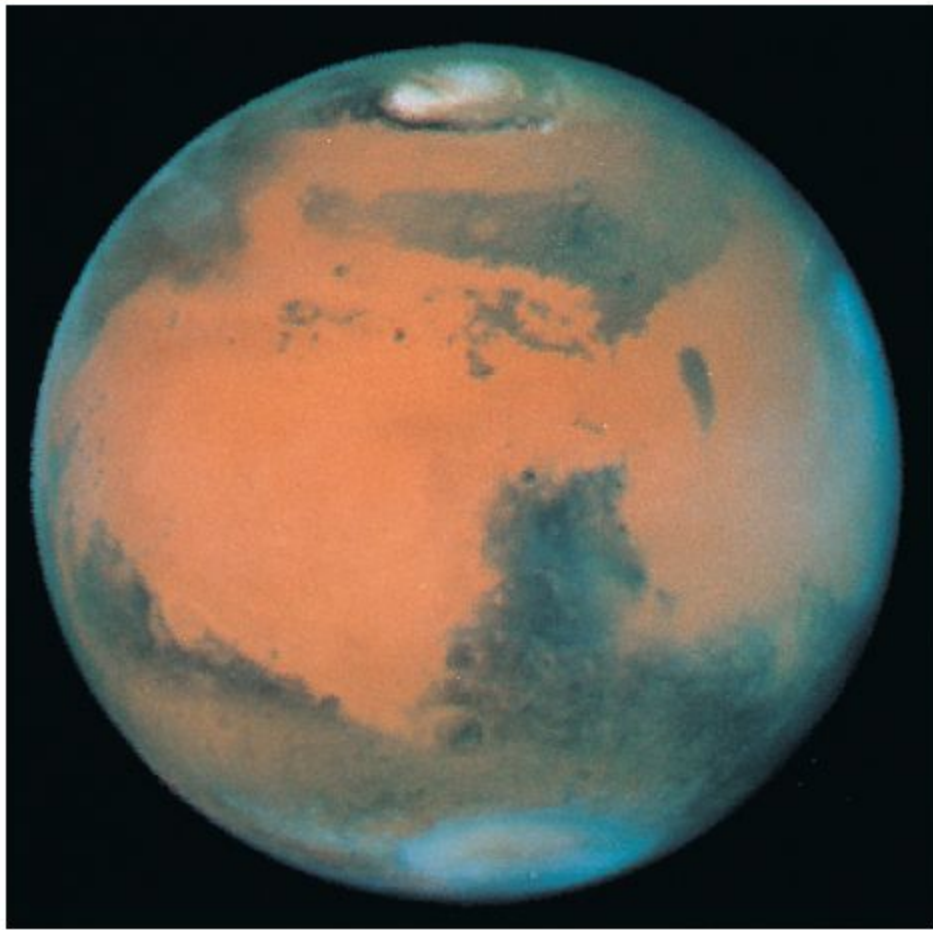
Un panorama delle Columbia Hills su Marte, ripreso dal Mars Exploration Rover Spirit. Nel [Capitolo 6](#) tutti i dettagli.

PER CONCESSIONE NASA/JPL/CORBIS



Dune di sabbia dentro un cratere di Marte.

PER CONCESSIONE DELLA NASA



Marte sarà probabilmente il primo pianeta a essere visitato dall'uomo.



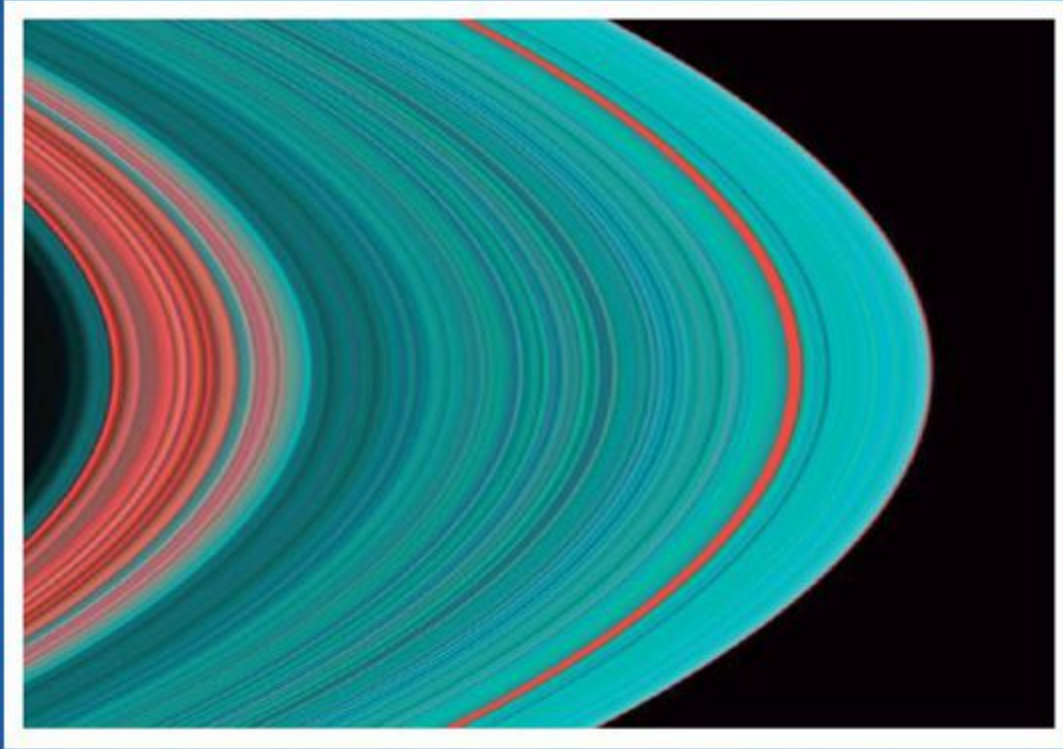
Per informazioni sulla NASA

Io, Europa, Ganimede e Callisto, le quattro lune di Giove, compaiono in questo montaggio sopra la Grande Macchia Rossa. Il [Capitolo 8](#) esplora l'enorme pianeta gassoso e le sue lune.



Per informazioni NASA/ESA in Euro Kuznetsov (Universi e Astroni)

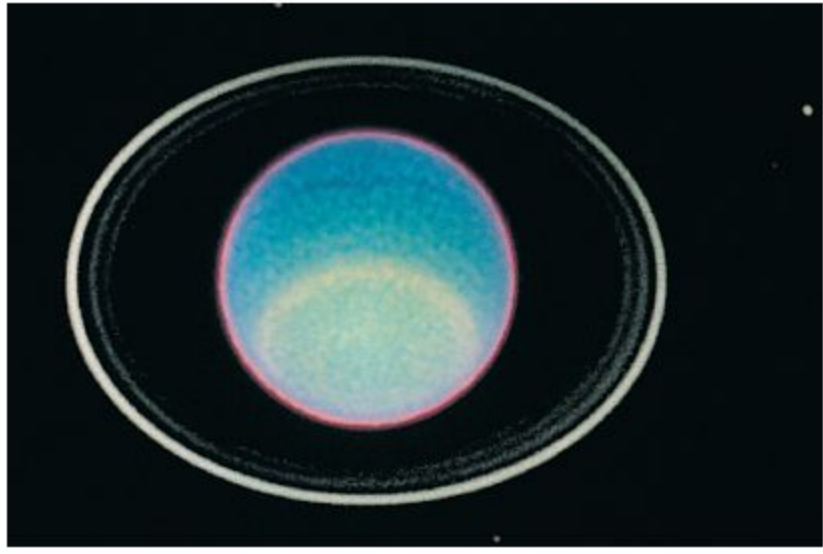
Gli anelli di Saturno fotografati dall'Hubble Space Telescope. Li potete anche vedere con un piccolo telescopio da amatore. Scoprite Saturno e i suoi anelli nel [Capitolo 8](#).



Per concessione NASA/JPL/University of Colorado

Gli anelli di Saturno mostrati in falsi colori che ne rivelano la natura. Quelli in turchese sono per la maggior parte di ghiaccio; in rosso, quelli che contengono molte particelle di roccia. La sonda Cassini ha fotografato gli anelli a luce ultravioletta invisibile all'occhio umano.

PER CONCESSIONE DELLA NASA

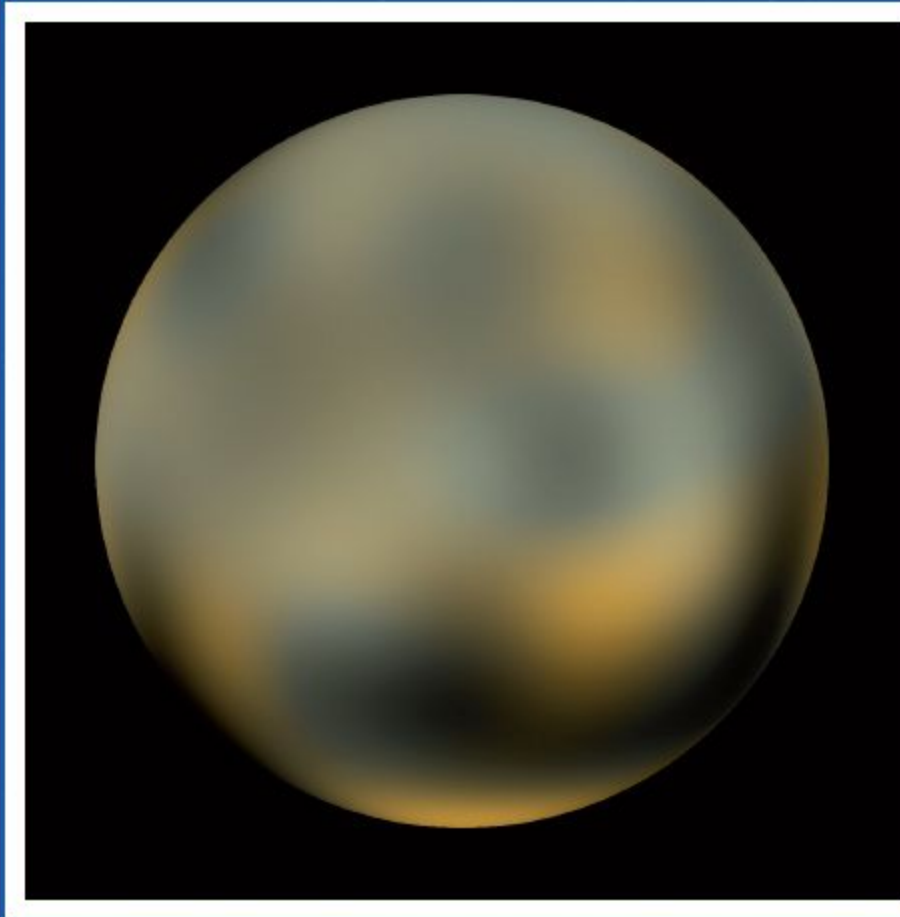


Come Saturno, anche Urano possiede anelli, impossibili però da vedere con un telescopio amatoriale. Il [Capitolo 9](#) viaggia fino agli estremi del nostro sistema solare per studiare Urano.

PER CONCESSIONE DELLA NASA

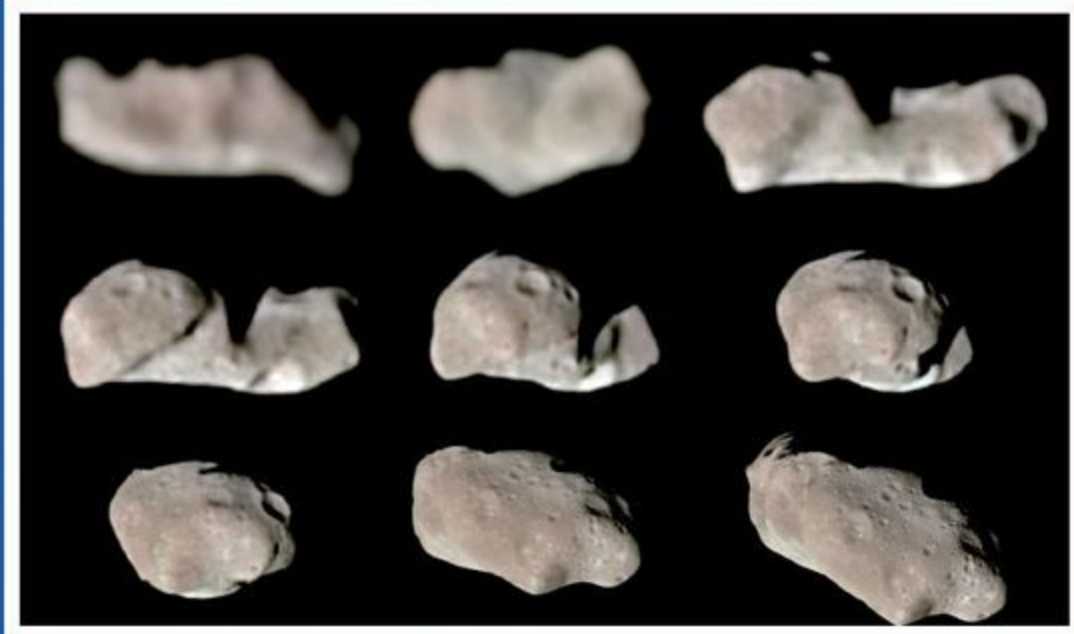


Nubi bianche e striate, insieme a una grande macchia scura; quando è stata scattata questa foto caratterizzavano l'atmosfera di Nettuno. Andate al [Capitolo 9](#) per tutti i dettagli sul pianeta.



PER CONCESSIONE NASA, ESA, E M. BOE (SOUTHWEST RESEARCH INSTITUTE)

Plutone, classificato come pianeta nano, ha dei segni in superficie che cambiano con le stagioni. Imparate di più su questo pianeta nel [Capitolo 9](#).



PER CONCESSIONE DELLA NASA/JPL

La sonda spaziale Galileo ha preso queste nove foto passando accanto a Ida, asteroide dalle forme bizzarre. Il [Capitolo 7](#) vi porta a spasso per la Fascia Principale degli asteroidi.

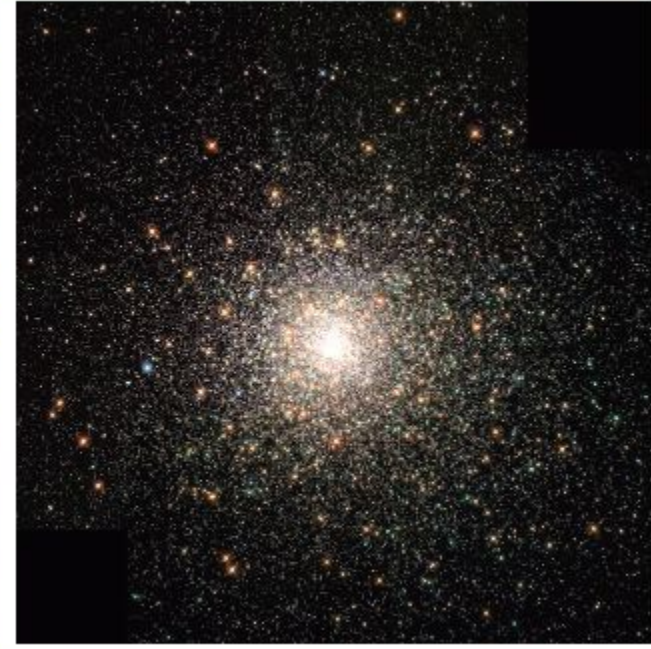


PER CONCESSIONE NASA, DA FREER, STScI

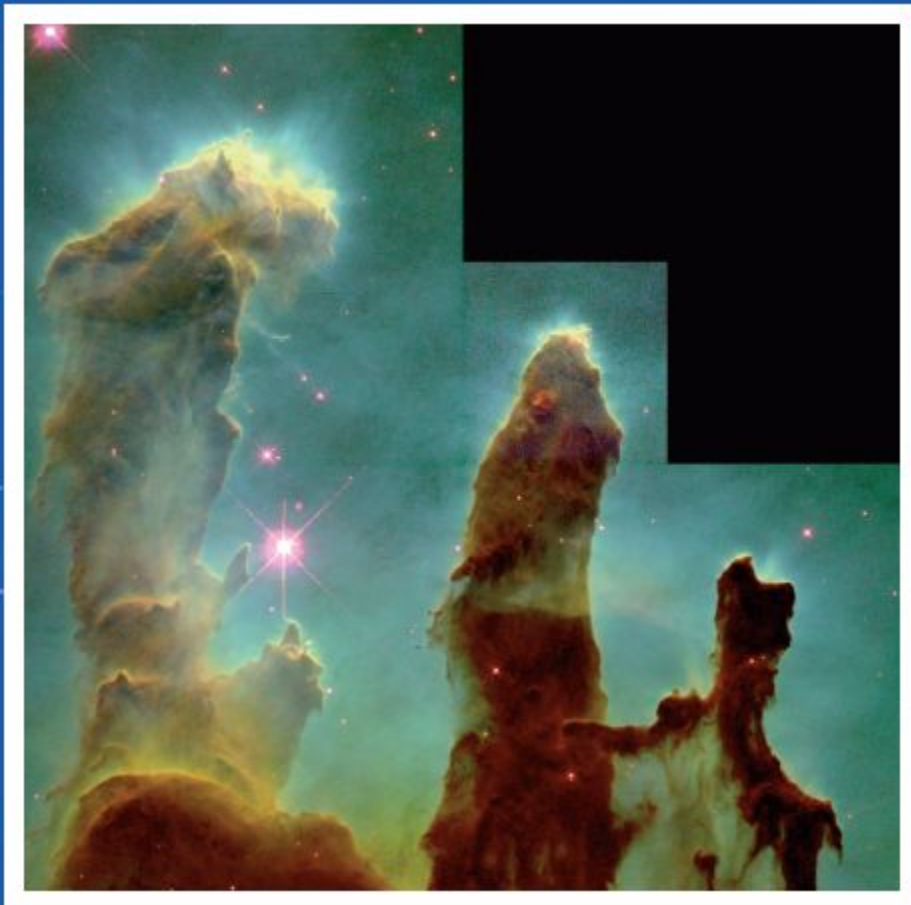
L'Hubble Space Telescope, guardando con una luce infrarossa che penetra le nuvole di polveri della Via Lattea, ha fotografato un

gruppo di cinque stelle vicino al centro della nostra galassia. Per i dettagli, correte al [Capitolo 12](#).

PER CONCESSIONE NASA, THE HUBBLE HERITAGE TEAM, STScI e AURA



L'ammasso globulare Messier 80 è una sfera gigantesca di centinaia di migliaia di stelle. Il [Capitolo 12](#) descrive gli ammassi globulari più belli da vedere al binocolo o con un piccolo telescopio.



Per concessione NASA, Jeff Hester e Paul Scowen, Arizona State University

La Nebulosa dell'Aquila è una regione della Via Lattea dove stanno nascendo nuove stelle. Imparatene di più nel [Capitolo 12](#).



Per concessione NASA, Tim Hatzidimitriou, STScI, AURA

Due galassie a spirale sorprese dall'Hubble Space Telescope in una collisione cosmica. Il [Capitolo 12](#) esplora la struttura delle galassie a spirale.



PER CONCESSIONE NASA, A. FROENTER, ERO TEAM, STScI

La Nebulosa planetaria NGC 2392 in Gemelli.

Informazioni sul libro

Il modo più facile e divertente di esplorare il cielo notturno

Conoscete la differenza tra una gigante rossa e una nana bianca? Dagli asteroidi ai buchi neri, questa guida vi porterà per mano in un *grand tour* dell'Universo. Con le sue mappe stellari, i grafici e una sezione a colori con meravigliose fotografie dei corpi celesti, *Astronomia For Dummies* è una risorsa chiara e preziosa per capire lo spettacolo del cielo notturno.

Circa l'autore

Stephen P. Maran, PhD, vanta una pluripremiata carriera sia come astronomo sia come divulgatore e quarant'anni di ricerca nel programma spaziale americano con la NASA per la quale è stato vicedirettore della sezione Space Sciences for Information and Outreach del Goddard Space Flight Center a Greenbelt. Ha ricevuto la NASA Medal per meriti eccezionali ed è stato addetto stampa della Società Astronomica Americana.