

Italo Mazzitelli

Riprendiamoci il cielo!

Manualetto astronomico per semplici curiosi

SOMMARIO

Premessa: astrofili e astronomi	3
La sfera celeste e le coordinate astronomiche	6
Il moto apparente delle stelle	9
La luce, l'occhio e gli strumenti	13
In terrazza	21
Luminosità e colori	28
La vita delle stelle	34
Primavera. Il Leone	44
Il “Triangolo Estivo” e la Via Lattea	48
Ancora sul cielo estivo	52
Il cielo autunnale	61
Il cielo invernale	68
Il Sole	79
La Luna	88
I pianeti. Venere	101
Marte	108
Giove e i suoi satelliti	114
Saturno e i suoi anelli	121
Il cielo mutevole	126
Conclusioni. Altre letture	134

Premessa: astrofili e astronomi

Secondo uno scherzo popolare tra gli astronomi, coloro che osservano il cielo, per diletto o per mestiere, si possono ripartire in tre categorie: gli entusiasti, gli ipocriti e i cinici. L'autore di questo libro, per sfuggire a una classificazione così rigida, ha smesso di frequentare i telescopi, e ora passa il suo tempo suonando equazioni su un calcolatore, per scoprire cosa c'è nel cuore del Sole e delle sue sorelle.

Gli entusiasti si riconoscono a prima vista. Sono gli integralisti del cielo, i pasdaran della notte, i kamikaze del telescopio. Dotati di una salute di ferro, il loro diletto consiste nel passare le ore notturne con la cupola o il tettuccio dell'osservatorio spalancati o, se non c'è di meglio, su una terrazza all'addiaccio. È anche gradita la tramontana, che pulisce i cieli da nuvole e inquinamento, e congela fino alle ossa. Un vero entusiasta non disdegna le notti piovose o nevose, e batte i denti con stoicismo scrutando le nuvole fino all'alba, nella speranza che uno squarcio improvviso consenta d'intravedere uno spicchietto stellato. Prova un sottile e perverso piacere se qualche apparecchiatura comincia a dare i numeri durante le osservazioni, e bisogna sfilarsi i guanti, lavorare con il saldatore in una mano, la basetta elettronica da riparare nell'altra, e il filo di stagno tra i denti. In queste condizioni, anche il cappuccio e la sciarpa danno fastidio, e bisogna toglierli. E soprattutto, niente luce, per non disturbare gli occhi e gli strumenti; al massimo un rosso lumino cimiteriale che neanche permette di distinguere i colori. L'appagamento totale viene raggiunto se vento, pioggia, guasti e quant'altro si verificano in presenza di uno spettatore insonnolito, convinto con la frode che quella notte gli sarebbe stato rivelato il più grande e segreto spettacolo del mondo.

La maggioranza degli astrofili, per i quali è preferibile la definizione "astronomi non professionisti", tendono a riconoscersi in questa descrizione, non priva di accenni di masochismo. Un po' così ero anch'io a quindici anni, quando una vecchia prozia

quasi cieca mi regalò il suo cannocchiale dell'ottocento, dotato di lenti eccezionali e meccanica arrugginita. Anche tra gli astronomi di mestiere, comunque, gli entusiasti non sono sconosciuti. Sono l'incubo dei colleghi quando capita di dover trascorrere assieme una nottata al telescopio. Verso le quattro di mattina, allorché il cielo comincia a rischiararsi a Est e i nottambuli più incalliti sbadigliano, per un entusiasta sono ancora le prime ore della notte, e si può fare un sacco di lavoro verso Ovest.

Alcuni astronomi professionisti, si classificano invece nella categoria degli ipocriti, e questo posso garantirvelo io in prima persona. È facile stanarli quando il cielo è un po' velato, in quanto usano gesti ed esclamazioni di sconforto: «Che disdetta! Anche stanotte è nuvolo e non si può lavorare! Ma è mai possibile? Eppure, tutti i bollettini meteorologici ... », dopodiché se ne vanno a dormire senza rimorso. Questa fase l'ho attraversata nei primi anni dopo la laurea, quando, per scaldarmi mi attaccavo al boccione di alcool al 99,99%, utilizzato per pulire le superfici ottiche senza lasciare residui di umidità, trincandone mezzo tappo a volta. Bruciava la lingua e lo stomaco per i primi cinque minuti, ma imparai presto che l'astronomo che alza il gomito ha vita breve. L'alcool è un potente vasodilatatore: passata la prima, piacevole sensazione di calore, comincia a scaldarsi anche la pelle, aumenta lo scambio termico con l'esterno, e a quel punto ci si congela più in fretta di prima. Lezione numero zero per il Lettore: un thermos di tè bollente è meglio di una fiasca di grappa.

Infine, sono diventato un cinico. Atteggiamento tipico: «Benissimo! Stanotte è nuvolo, e posso andarmene a dormire in santa pace!». Allora mi sono convinto che l'osservazione diretta del cielo non faceva per me. In fin dei conti, gli entusiasti non mancavano, e non veniva a cadere un pilastro dell'astronomia se mi convertivo all'astrofisica teorica, che si fa di giorno e al caldo.

Nelle vesti di astronomo amatoriale, e poi professionista, ho scritto questo libro. Dunque non preoccupatevi, lettori. Non è mia intenzione trasformarvi in entusiasti. Semmai il contrario: voglio aiutarvi a non commettere gli errori tipici dei neofiti,

come per esempio acquistare un telescopio enorme e costosissimo, che poi resterà sempre nella sua custodia. Tutt'al più, spero di farvi digerire in modo gradevole quelle poche nozioni di base dell'astronomia che rappresentano il semplice A B C della materia. Richiamare l'attenzione sul fatto che, al di là e al di sopra della vita di tutti i giorni, c'è un cielo stellato infinito (o quasi), ricco di tante cose a cui non avete mai pensato, e di cui potrete riappropriarvi con uno sforzo veramente minimo.

In un libro come questo, è però inevitabile che i primissimi capitoli siano un po' noiosi in quanto, bene o male, c'è l'impatto con concetti non difficili in sé, ma diversi da quelli che siamo abituati a gestire quotidianamente. Ho cercato di stringere e semplificare la materia, a costo di essere un po' impreciso. Ne chiedo scusa in anticipo, ma l'esperienza mi ha insegnato che, nella divulgazione scientifica di base, una piccola imprecisione permette al Lettore di andare avanti senza scoraggiarsi. Spero, dunque, che l'avvio non sia troppo pesante. Procedendo, quando si comincerà a parlare di costellazioni e a far pratica, le cose diventeranno più semplici e, spero, divertenti. Fatevi coraggio. Se anche doveste scoprirvi astronomi cinici, avreste comunque la mia solidarietà. E cominciamo con l'argomento più ostico: il moto delle stelle. Dolente, ma questo non può essere saltato!

La sfera celeste e le coordinate astronomiche

Dal tempo di Galileo Galilei, sappiamo che le stelle non sono puntini luminosi disposti all'interno di una superficie sferica al cui centro c'è la Terra. Eppure, anche un modello così ingenuo e medievale può tornarci utile per schematizzare in modo intuitivo il moto apparente delle stelle e le “coordinate astronomiche”.

Immaginiamo, dunque, una superficie, che definiremo sfera celeste o delle stelle fisse, lontanissima, immobile, concentrica al nostro pianeta. Quest'ultimo ruota in circa 24 ore (è il primo “circa” di una lunga serie, ci torneremo più avanti) attorno a un asse che congiunge il Polo Sud al Polo Nord. Visualizziamo l'asse di rotazione terrestre come un perno lungo e sottile, un segmento di retta in termini geometrici, e prolunghiamolo al di fuori della Terra fino a fargli incontrare la sfera celeste. Verso Nord l'asse andrà a bucare la sfera in un punto molto vicino alla stella Polare, che definiremo Polo Nord celeste; invece non ci sono stelle molto brillanti nelle immediate vicinanze del Polo Sud celeste,

Definiti questi due punti chiave, bisogna ora assegnare a ciascuna stella una coppia di coordinate che ne indichino la posizione in modo univoco sulla sfera celeste. Per le coordinate celesti, la cosa più semplice è adottare un sistema analogo a quello delle latitudini e longitudini terrestri. Così, come sul nostro pianeta il Polo Nord si trova a 90 gradi di latitudine, assegniamo 90 gradi di latitudine celeste al Polo Nord celeste. Fin qui, non ci dovrebbero essere problemi. Ora supponiamo di possedere un compasso cosmico, impernato sul Polo Nord celeste. Apriamolo di un grado, e tracciamo un cerchio ideale sulla sfera delle stelle fisse. Abbiamo definito la latitudine celeste corrispondente a 89 gradi. Seguitiamo ad allargare il compasso cosmico sempre di un grado per volta, e disegniamo via via i cerchi corrispondenti alle successive latitudini celesti, 88 gradi, 87 gradi, fino ad aprire il compasso di 90 gradi e tracciare quindi il cerchio corrispondente a una latitudine celeste di 0 gradi.

Mantenendo l'analogia terrestre, questo cerchio sarà l'equatore celeste che separa l'emisfero Nord da quello Sud. Ora spostiamo il compasso e puntiamolo sul Polo Sud celeste che, sempre in analogia al sistema di latitudini terrestri, si troverà a -90 gradi. Con la stessa procedura di poc'anzi definiremo le latitudini celesti di -89 gradi, -88 gradi e così via, fino a tornare all'equatore celeste. Metà del lavoro è fatta; i "paralleli celesti" che abbiamo appena definito ci consentono di assegnare a ogni stella la sua latitudine. Per motivi storici, e anche per non dover ogni volta distinguere tra terrestre e celeste, adottiamo la nomenclatura standard dell'astronomia: d'ora in poi, ci riferiremo sempre alla latitudine celeste con il nome di "declinazione"; vocabolo da imparare a memoria!

Ora che abbiamo i paralleli, dobbiamo definire i "meridiani celesti". Anche qui vale l'analogia terrestre: cerchi massimi che vanno da un polo celeste all'altro. Prima di affettare a spicchi la sfera celeste come un cocomero, dobbiamo però compiere un'altra operazione: definire il "meridiano zero". Sulla Terra, gli inglesi ci hanno pensato per tutti e hanno deciso di far passare per il Regio e Imperiale Osservatorio di Greenwich il meridiano che segna lo zero delle longitudini. Siccome, però, l'Impero britannico non si è espanso fino alle stelle (qualche maligno insinua che l'astrofisico Fred Hoyle abbia escogitato una teoria cosmologica, secondo la quale l'universo è infinito nello spazio e nel tempo, proprio per dare ad Albione, con pazienza, la possibilità di raggiungere quest'obiettivo), gli astronomi hanno goduto di una maggiore libertà di scelta nel fissare il meridiano zero celeste. Si è quindi convenuto di farlo passare per il punto in cui il Sole si proietta sulla volta celeste, nel giorno in cui ha luogo l'Equinozio di primavera. Torneremo più avanti sul moto del Sole e sugli equinozi; per ora impariamo che, a partire da questo meridiano zero, viene definita la longitudine celeste di ogni astro la quale, a differenza di quella terrestre, prende il nome di "ascensione retta". Anche questa è una definizione da ricordare.

Di ogni punto della sfera celeste possiamo ora fornire le coordinate in ascensione retta e declinazione, come per la Terra in longitudine e latitudine. Spero

che, finora, sia stato tutto semplice; mi perdonerete se adesso debbo per forza introdurre la prima complicazione. Dato che una rotazione completa della Terra attorno al suo asse richiede circa 24 ore (ancora un “circa”? ci torneremo sopra e la spiegazione sarà esauriente), gli astronomi hanno ritenuto comodo suddividere le ascensioni rette non in 360 gradi come le longitudini terrestri, ma in 24 ore, suddivise in minuti e secondi. Può sembrare un sistema poco intuitivo, ma in pratica si riduce a un fatto di nomenclatura. Basta ricordare che un’ora di ascensione retta corrisponde a 360 gradi diviso 24, e cioè a 15 gradi. Dunque, un minuto di ascensione retta corrisponderà anche lui a 15 primi d’arco, e così per i secondi. Tanto per fare un esempio, le coordinate della stella Vega (che incontreremo nel cielo estivo) nell’anno 1950 erano: ascensione retta 18 ore, 35 minuti e 12 secondi; declinazione +38 gradi e 44 primi. Perché si è scelto l’anno 1950? Quante curiosità! Vedremo anche questo. Intanto stabiliamo, per comodità di scrittura, di adoperare per la parola “grado” il simbolo corrispondente, ossia un circoletto segnato in alto a destra del valore numerico;. così: 0° , 15° , 30° ecc., fino a 360° .

Il moto apparente delle stelle

Consideriamo adesso il moto apparente delle stelle sulla volta celeste al trascorrere delle ore. Immaginiamo di trovarci esattamente al Polo Nord durante la lunga notte invernale, quando il sole non disturba la visione del cielo stellato; osserviamo cosa succede via via che il nostro pianeta ruota. A noi, ovviamente, sembrerà di stare fermi e che sia invece la volta celeste a ruotare. In che modo? Tutti sapranno trovare la risposta giusta solo che ci riflettano un momento: la stella Polare apparirà sempre immobile sulla verticale, allo “zenit” per usare un vocabolo di origine araba, mentre le altre stelle percorreranno, attorno alla Polare, circonferenze di raggio tanto maggiore quanto minore è la loro declinazione. Nessuna stella sorgerà o tramonterà mai all’orizzonte, e le stelle vicine all’equatore celeste percorreranno un cerchio massimo, mantenendosi sempre rasenti all’orizzonte stesso.

Se definiamo “circumpolari” (altro vocabolo da ricordare) le stelle che, durante una rotazione completa della Terra, non tramontano mai, concludiamo che, osservate dal Polo Nord, tutte le stelle dell’emisfero Nord celeste saranno circumpolari, mentre nessuna stella dell’emisfero Sud celeste (quelle aventi declinazione negativa) sarà mai visibile. Analogamente, se ci spostiamo al Polo Sud durante l’inverno antartico, non riusciremo a vedere stelle aventi declinazione maggiore di zero, mentre diventeranno circumpolari tutte le stelle che non si vedono dal Polo Nord.

Ora, cambiamo radicalmente prospettiva, e osserviamo il cielo da un punto qualsiasi dell’equatore terrestre. È intuitivo che verso Nord la stella Polare apparirà sempre immobile, rasente all’orizzonte, e qualsiasi minima asperità geografica (per non parlare della foschia dei bassi strati atmosferici) ce la nasconderà. Guardando invece verso Est, le stelle che si trovano esattamente sull’equatore celeste (e cioè quelle aventi declinazione zero) sorgeranno proprio di fronte a noi, passando poi allo zenit e tramontando esattamente a Ovest, dietro le nostre spalle. Se le osservazioni non fossero interrotte dal sorgere del sole, nell’arco di 24 ore vedremmo tutte, proprio

tutte le stelle del cielo, sia dell'emisfero Nord, sia Sud, e al contempo ci renderemmo conto che, dall'equatore, non esistono stelle circumpolari.

Ora torniamocene in Italia. Siamo a una latitudine intermedia, circa a metà strada tra il polo e l'equatore. Quale sarà il moto delle stelle? Anzitutto notiamo che le stelle dell'emisfero Nord abbastanza vicine alla Polare, nella loro rotazione quotidiana, si avvicinano e si allontanano dall'orizzonte, ma restano sempre in vista: sono circumpolari. Quanto devono essere vicine alla Polare? È facile da calcolare. Se definiamo "L" la latitudine del luogo di osservazione, saranno circumpolari le stelle la cui declinazione è maggiore o uguale a $[90^\circ - L]$. Per esempio: da Roma ($L = 42^\circ$) saranno circumpolari le stelle aventi declinazione maggiore di 48° . La stella Vega, di cui abbiamo parlato poc'anzi, con i suoi 38° di declinazione, non fa parte di questo gruppo, ed è destinata a essere visibile solo durante certe stagioni, e certe ore della notte, per poi tramontare. Milano si trova a latitudine più elevata, e la percentuale di cielo circumpolare sarà un po' maggiore che a Roma; il contrario a Palermo, che si trova a latitudine inferiore.

Ovviamente, dalle nostre latitudini saranno visibili anche frazioni dell'emisfero celeste meridionale. Fino a che declinazione? Anche qui la risposta è semplice: fino a $[L - 90^\circ]$. Da Roma, sarebbero perciò visibili, in condizioni ottimali, stelle fino alla declinazione -48° ; poco più abbondante è la frazione di cielo Sud visibile da Palermo, poco meno quella visibile da Milano. Ho detto "sarebbero", perché la foschia e la minima asperità sull'orizzonte limitano fortemente la visibilità. Ma anche per un altro motivo, che adesso cercherò di spiegare.

Abbiamo imparato che le stelle circumpolari non tramontano mai. Quelle stelle che non sono circumpolari, ma si trovano ugualmente a declinazione abbastanza alta (riprendiamo l'esempio di Vega a 38°) sorgeranno a Nord-Est e tramonteranno a Nord-Ovest percorrendo un arco celeste molto ampio. Allontaniamoci ulteriormente dalla Polare e arriviamo alle stelle che si trovano a declinazione 0° . Queste sorgeranno esattamente a Est e tramonteranno esattamente a Ovest, rimanendo sopra

l'orizzonte 12 ore in punto. Passando a declinazioni negative, le stelle sorgeranno a Sud-Est e tramonteranno a Sud-Ovest, percorrendo archi celesti sempre più ridotti, ed essendo visibili per un tempo tanto minore quanto più negativa è la loro declinazione. Infine, giungendo a stelle la cui declinazione è $[L - 90^\circ]$, queste sorgeranno e tramonteranno esattamente a Sud, il loro periodo di visibilità riducendosi a zero.

Ma, un momento: finora abbiamo discusso come se il Sole non esistesse, permettendoci di stare tutto il tempo che vogliamo ad ammirare il moto delle stelle. Durante le notti polari sarà anche così, ma alle nostre latitudini questo non succede. Dobbiamo dunque tenere conto di due fatti: il primo è la presenza giornaliera del Sole il quale, a causa della sua enorme luminosità, nasconde la zona di cielo sulla quale si proietta; il secondo è il moto di rivoluzione annuo della Terra attorno al suo astro. Sui dettagli del moto del Sole torneremo più avanti, quando parleremo degli oggetti del Sistema Solare; per il momento accenniamo solo a quanto è indispensabile per comprendere il moto stagionale apparente delle stelle. Questo è uno dei punti in cui cercherò di semplificare oltre misura, perché non voglio che butti via il libro proprio ora, quando manca così poco a iniziare discorsi più divertenti. Fate dunque un piccolo sforzo per seguire il ragionamento. Supponiamo che un anno duri 360 giorni esatti anziché 365 e un quarto. Per il discorso che segue, è un'approssimazione tollerabile, e semplifica la comprensione degli argomenti. Se l'orbita terrestre fosse un cerchio perfetto, in 360 giorni la Terra percorrerebbe 360° , e cioè un grado ogni ventiquattr'ore esatte. In conseguenza, ogni giorno vedremmo il Sole spostarsi di un grado sulla sfera celeste.

Dunque, a causa del moto della Terra attorno al Sole, ci sarà una differenza sistematica tra la durata del "giorno solare" sul quale sono regolati i nostri orologi (24 ore) e il "giorno siderale" che è il tempo impiegato da una stella a ripassare esattamente sulla nostra verticale o, se preferite, il tempo impiegato dalla Terra a fare un giro completo rispetto alla sfera delle stelle fisse. Il giorno solare sarà un po' più lungo di quello siderale, perché la Terra deve recuperare, nel frattempo, anche quel

grado in più che ha percorso nella sua traiettoria intorno al Sole. Dato che in un giorno solare la Terra si sposta di un grado lungo la sua orbita, proviamo a calcolare la proporzione: 360° stanno a 24 ore come un grado sta a x . L'incognita x risulta essere pari a quattro minuti: il giorno siderale (il periodo di rotazione della Terra attorno al suo asse) è perciò più breve di quello solare di quattro minuti, e dura 23 ore e 56 minuti. Poche pagine fa ho affermato che la rotazione terrestre dura circa 24 ore; ecco svelato l'arcano su quel "circa". In conseguenza della differente durata del giorno solare e di quello siderale, ogni sera una qualsiasi stella sorge quattro minuti prima rispetto alla sera precedente. Di mese in mese, di stagione in stagione, la porzione di sfera celeste visibile a una certa ora di notte è perciò sempre diversa.

La luce, l'occhio e gli strumenti

Avanti di salire in terrazza per la prima occhiata alle stelle, cercherò di aiutarvi a non commettere errori stupidi o costosi, come credere che non ci siano stelle quando ce ne sono, o che non si possa godere delle bellezze del cielo senza disporre di un supertelescopio “da un milione di ingrandimenti”. Stiamo arrivando ai primi suggerimenti pratici.

Qualsiasi sorgente luminosa emette luce sotto forma di “pacchetti” che i fisici definiscono “fotoni”. I fotoni emessi da una stella viaggiano nello spazio vuoto o quasi, attraversano l'atmosfera terrestre che ne assorbe una certa percentuale (poca, per la luce visibile, ma quasi totale per l'infrarosso e l'ultravioletto), e giungono fino a noi. La percentuale di fotoni assorbiti dall'atmosfera è proporzionale allo spessore degli strati d'aria attraversati: per stelle allo zenit lo spessore è minimo, verso l'orizzonte lo spessore è massimo. È a causa dell'assorbimento atmosferico che, qualche volta, è possibile fissare a occhio nudo il Sole all'alba o al tramonto (anche se raccomando di evitarlo) mentre non è certo possibile a mezzogiorno!

Per trasformare il flusso di fotoni in informazioni visive, sono necessari due tipi differenti di apparecchiature: un “raccoltore” di fotoni che svolga anche il ruolo di metterli a fuoco (per esempio l'obiettivo di una macchina fotografica o di una telecamera) e un “rivelatore” vero e proprio, che trasformi il fotone in un genere diverso di informazione fisica (la pellicola, nelle antiche macchine fotografiche, il mosaico di elementi fotosensibili tipo CCD o altro nelle moderne).

L'occhio è uno strumento completo e anche molto efficiente. Non per niente i paleontologi affermano che, nel corso dell'evoluzione della vita, la natura lo abbia reinventato diverse volte, in modo indipendente. Esso espleta entrambe le funzioni di cui sopra. La pupilla, come si sa, ha la funzione del diaframma di una macchina fotografica. Sottoposta a un flusso intenso di fotoni si restringe in pochi secondi fino

a un diametro di circa un millimetro; posta in condizioni di buio totale comincia a dilatarsi e, nel giro di alcuni minuti, raggiunge un diametro massimo di circa sei millimetri.

Ne ricaviamo subito una informazione di utilità pratica. Se, di notte, siamo in un ambiente illuminato (il salotto di casa, dove leggiamo questo libro sotto una lampada da diversi Watt) e ci affacciamo alla finestra per verificare se, dopo tutto, è vero che in cielo ci sono stelle, bisognerà aspettare diversi minuti al buio, fino a una quindicina, prima che l'occhio raggiunga la massima sensibilità. Dare una rapida occhiata fuori, rientrare e buttare il libro dicendo: «Sono tutte balle; in cielo non c'è nulla» è un errore tecnico. La superficie di un cerchio, è infatti proporzionale al quadrato del raggio, e la pupilla è, per l'appunto, circolare. In pochi minuti trascorsi al buio, questa si dilata da uno a sei millimetri e l'occhio diventa quasi 40 volte più sensibile che a un primo sguardo. Questo fa una grossissima differenza, se si vogliono osservare sorgenti luminose deboli. Inoltre, durante il periodo di adattamento dell'occhio, bisogna evitare di fissare sorgenti luminose intense anche se molto lontane. Si perde in due secondi quel che si era guadagnato in cinque minuti!

Alla pupilla segue il cristallino il quale, essendo una lente convergente, mette a fuoco l'immagine sulla retina. Quest'ultima è l'elemento sensibile alla luce; trasforma i fotoni che la colpiscono in impulsi nervosi, dai quali il nostro cervello ricostruisce poi l'immagine. Dunque, pupilla e cristallino costituiscono il raccoglitore, mentre la retina (più il cervello) è il rivelatore. Non mi soffermerò su altri rivelatori per uso astronomico, mentre è indispensabile dedicare un po' di spazio ai raccoglitori, per sfatare leggende e luoghi comuni.

Affermo, e sono pronto a sostenere di fronte a qualsiasi rivenditore di telescopi amatoriali, che, per chi voglia accostarsi al cielo stellato per la prima volta, non c'è niente di meglio di un buon binocolo da marina. Se qualcuno non ricordasse la differenza tra “binocolo” e “cannocchiale”, attenzione: il primo è formato da due ordigni ottici paralleli e ci si guarda attraverso con tutti e due gli occhi; il secondo è

un lungo tubo, usato principalmente sulla tolda delle navi corsare (i pirati hanno spesso un occhio solo). Non chiedete a un astronomo: «Quanti ingrandimenti ha il "binocolo" di Monte Palomar?» Potrebbe rispondervi male.

Parliamo anzitutto di “ingrandimenti”, e chiariamo il significato delle dizioni tipo [7 x 50], [8 x 30], [25 x 70] ecc. che si incontrano su tutti gli strumenti astronomici. il primo numero, quello seguito dal simbolo “x” (da 7 a 12 per il binocolo che consiglio; – a proposito: x si legge “per”) fornisce l’ingrandimento angolare ottenibile con quello strumento. Potete anche pensarlo come un “avvicinamento”; un oggetto posto a 7 km di distanza, con uno strumento da “7 x”, appare come se si trovasse a un solo chilometro. È il parametro che più preoccupa gli aspiranti astrofili e che, invece, dovrebbe interessarli di meno, per almeno un paio di buone ragioni. La prima, è che la maggioranza degli oggetti celesti si presentano comunque puntiformi a qualsiasi ingrandimento (stelle), oppure sono già di dimensioni apparenti non trascurabili (ammassi, nebulose e galassie) e, se non si vedono a occhio nudo, è solo perché sono poco luminosi. La seconda ragione è che, anche quando si guardano oggetti che invece sarebbe bello vedere molto ingranditi (la Luna, i pianeti) esiste un limite imposto dall’atmosfera terrestre che non è immobile, ma in continua ebollizione. Pensate di cercare di leggere una scritta in caratteri piccoli in fondo a una pentola piena d’acqua che bolle: potrete usare tutte le lenti di ingrandimento che volete, ma l’immagine resterà sempre confusa. Neppure i più grandi telescopi possono superare qualche centinaio di ingrandimenti, e solo in quelle poche notti all’anno in cui l’atmosfera si presenta particolarmente tranquilla. Per questo, gli astronomi hanno inventato le cosiddette “ottiche adattive” le quali, istante per istante, deformano uno degli specchi del telescopio in modo tale da compensare velocissimamente per l’agitazione atmosferica. Ma sono apparecchi professionali molto grandi, costosi, difficili da usare, e qui non c’interessano.

Dato che solo i telescopi spaziali e quelli ad ottica adattiva non soffrono della limitazione dovuta all’atmosfera, contentiamoci di pochi ingrandimenti e passiamo al

secondo numero riportato sul binocolo dopo il simbolo x (50, nel caso che raccomando) il quale esprime il diametro della lente obiettivo che raccoglie la luce in millimetri. Per la legge del quadrato del raggio che abbiamo già visto, una lente da 50 mm raccoglierà 70 volte più luce della nostra pupilla dilatata al massimo, e consentirà quindi di osservare oggetti invisibili a occhio nudo, tra cui non solo stelle, ma anche un certo numero di nebulose e galassie. Un buon binocolo 7 x 50 (o al massimo 12 x 50) è quanto serve al principiante per godere della maggior parte degli spettacoli offerti dalla volta celeste. Esistono anche binocoli di maggiori dimensioni, per esempio i 20 x 80, ma sono mastodontici, costano moltissimo, e richiedono un supporto fisso su cui montarli, quindi lasciamoli stare. Se proprio ci si vuole spendere, ci sono degli ottimi binocoli a “compensazione di vibrazioni” come alcune macchine fotografiche. Questi possono dare grandi soddisfazioni ma, ripeto, il loro prezzo è quattro o cinque volte superiore a quello di un buon binocolo da marina. E qui mi viene in mente un altro avvertimento importantissimo: cercate di non acquistare uno strumento prodotto nella Repubblica Popolare Cinese; fanno letteralmente schifo.

A volte, sui binocoli è riportata anche l’indicazione del campo di vista, espresso in gradi sessagesimali. Per esempio, 5° significa che, all’interno del campo del binocolo, possono essere visti contemporaneamente oggetti distanti tra loro non più di 5° . Tanto per orientarsi, il Sole ha un diametro angolare apparente di circa mezzo grado.

Per chi volesse invece dotarsi di strumentazione più specializzata e costosa, sarà opportuno ricordare qualche elemento di ottica astronomica. Secondo la nomenclatura corrente, si definisce “cannocchiale” uno strumento in cui l’obiettivo che raccoglie la luce è una lente (ricordate il pirata di poc’anzi?). L’obiettivo ha di solito un diametro relativamente piccolo poiché, come succede con una buona macchina fotografica, non basta una lente sola per correggere tutte le aberrazioni ottiche o deformazioni dell’immagine. Come minimo ce ne vogliono due o tre,

piuttosto spesse e pesanti. Ciò richiede la lavorazione di precisione di quattro o sei superfici ottiche. Per ridurre altre deformazioni, la distanza focale dell'obiettivo deve corrispondere ad almeno 10-15 volte il suo diametro, quindi il tubo di un buon cannocchiale astronomico è molto lungo, e lo strumento ha un peso notevole; richiede pertanto una montatura robusta, e questo ne fa aumentare il prezzo. Il più grande cannocchiale astronomico esistente al mondo ha un obiettivo di soli 90 cm di diametro; da almeno un secolo non se ne fabbricano più di così grossi, e si preferiscono i "telescopi".

I telescopi possiedono, come obiettivo, uno specchio concavo, che può essere abbastanza sottile e leggero, ed è intrinsecamente indenne da aberrazione cromatica (non sparpaglia i colori, come invece fanno le lenti). Dovendosi perciò lavorare una sola superficie ottica, è possibile levigarla secondo curvature particolari che riducono o eliminano altre deformazioni dell'immagine. Il tubo può essere corto, lo strumento e la montatura leggeri per cui, a parità di diametro dell'obiettivo, un telescopio può costare cinque o sei volte meno di un cannocchiale. Non mi dilungo sulle varianti del telescopio con l'aggiunta di altri specchi, sottili lastre correttive ecc. Suppongo che, se proprio deciderete di acquistarne uno, vi documenterete al momento.

Nel passato, generazioni di astronomi si sono arrovellati per cercare motivi che giustificassero la superiorità di un tipo di strumento rispetto all'altro. Francamente, dovendo acquistare uno strumento amatoriale, sceglierei senz'altro un telescopio con un obiettivo dal diametro di 15-20 cm. Per quanto riguarda gli oculari, ricordo che l'ingrandimento angolare x si calcola come rapporto $[x=F/f]$ tra la distanza focale "F" dell'obiettivo, e quella "f" dell'oculare. Conviene acquistare un massimo di tre oculari, con focali che portino a ottenere un ingrandimento basso (15-20), uno medio (50-70) e uno alto (120-150). Quest'ultimo verrà usato, molto di rado, per la Luna, i pianeti e le stelle doppie, come vedremo più avanti, e solo in condizioni meteorologiche eccezionali.

Resta da parlare della montatura del telescopio. Fermo restando che il treppiede

o il basamento deve essere il più robusto (e pesante, purtroppo) possibile, esistono in commercio due tipi fondamentali di montatura: l'altazimutale e l'equatoriale. La prima, per quanto il nome possa intimidire, è la più semplice: quella che si usa nei cannocchiali posti in località turistiche. Lo strumento può ruotare in senso orizzontale, da sinistra a destra, e verticale, dall'alto in basso. Avendo imparato che il moto delle stelle in cielo non segue queste direttrici, è indispensabile scegliere, per uno strumento astronomico, la montatura equatoriale. Se è possibile (ma non è obbligatorio) preferite la variante detta "a forcella", perché consente di risparmiare spazio e peso.

La montatura equatoriale differisce dall'altazimutale perché l'asse attorno a cui lo strumento ruota, anziché essere verticale, è inclinato in modo da essere parallelo all'asse di rotazione terrestre, e orientato verso il Polo Nord celeste. Dato che ormai il Lettore sa tutto sull'argomento, intuirà facilmente che, in tal modo, per seguire il moto delle stelle al passare del tempo, sarà sufficiente compensare il moto di rotazione terrestre ruotando in senso inverso lo strumento con velocità costante (un giro in 23 ore e 56 minuti). A ciò può provvedere in modo semplice e comodo il motorino d'inseguimento, spesso definito "moto orario", che è opzionale, ma certamente utile.

Spero che il Lettore non corra dall'ottico sotto casa prima di aver letto l'avvertimento che segue. Sui libri, alla televisione, su Internet, circolano immagini astronomiche meravigliose di nebulose e galassie, piene di dettagli. Nessuno si sogni di vedere con i propri occhi, guardando attraverso un telescopio qualsiasi, immagini anche lontanamente paragonabili per luminosità, colore e definizione. Maggiore è il diametro dell'obiettivo, maggiore è la luminosità dell'oggetto osservato, ma esiste un limite di visibilità dovuto alle modalità di funzionamento dell'occhio. L'evoluzione ha trovato infatti utile dotarci di una vista capace di distinguere anche movimenti rapidi (un leopardo nella savana). Per poter ottenere questo risultato, è però necessario che agisca un meccanismo il quale, non appena la retina ha accumulato un

numero di fotoni sufficiente a fornire al cervello un'immagine chiara, cancelli l'immagine stessa in modo che possa cominciare, al più presto possibile, l'accumulazione dei fotoni per l'immagine successiva. In effetti, la retina dell'occhio umano accumula i fotoni che la colpiscono per un ventesimo di secondo circa. Trascorso questo tempo, il nervo ottico scarica nel cervello gli impulsi, e la retina ricomincia da zero ad accumulare una nuova immagine. La retina somiglia dunque a una pellicola o una CCD in cui ciascun fotogramma viene impressionato con un'esposizione di un ventesimo di secondo. Ma sappiamo bene che, se vogliamo realizzare una fotografia notturna, dobbiamo tenere aperto l'otturatore per diversi secondi, se non addirittura minuti. Un telescopio, usato come una macchina fotografica gigante, lavora proprio in questo modo, accumulando a lungo la luce sul mosaico del rivelatore. Al crescere dell'esposizione, aumenta il numero di fotoni catturati dal rivelatore stesso, crescono anche luminosità e contrasto, e alla fine si ottiene un'immagine spettacolare. Mettendo l'occhio allo stesso telescopio, invece, poiché non possiamo modificare il tempo di caricamento e cancellazione della nostra retina, otterremo lo stesso risultato che si avrebbe proiettando uno dopo l'altro una serie di fotogrammi, tutti presi con una posa di un solo ventesimo di secondo: a bassa luminosità e a basso contrasto. Pensateci bene, prima di spendere troppi soldi per un telescopio.

Ho tirato in lungo con nozioni apparentemente un po' astruse, anche se torneranno utili tra poco. È ora di effettuare la prima escursione notturna. Qualcuno dei lettori ha avuto un nonno in marina? Cerchi nel suo baule il binocolo del tempo di guerra: probabilmente avrà un'ottica migliore di quella dei moderni binocoli giapponesi, anche se questi ultimi non sono affatto da disprezzare. Si procuri su Internet una mappa celeste (alla fine del libro ci sono indirizzi utili) e prenda familiarità con la configurazione del Gran Carro, il nucleo dell'Orsa Maggiore. Possibilmente stampi la cartina. Poi, che sia estate o inverno, si porti dietro un indumento pesante. L'umidità notturna fa sempre male, e comunque, a stare fermi,

prima o poi si comincia a sentire freddo. Chi abita in un condominio si procuri dall'amministratore le chiavi della terrazza; chi è tra i fortunati che vivono in una casetta isolata spenga tutte le luci esterne ed esca in giardino (cortile, aia, quello che c'è) con binocolo e cartina.

In terrazza

Abbiamo imparato che la sfera celeste sembra ruotare attorno alla stella Polare; che alcune stelle (circumpolari), pur trovandosi alte o basse rispetto all'orizzonte, non tramontano ma, e che nel corso dell'anno, al variare delle stagioni e dell'ora della notte, cambia la frazione di cielo stellato visibile. Mettiamo dunque in pratica quello che sappiamo nella nostra prima lezione di orientamento celeste.

Specialmente chi si trova in città, dovrà avere cura nello schermarsi da luci intense, principalmente insegne pubblicitarie, altrimenti tanto varrebbe restarsene a casa a guardare la partita in TV. Non occorre una cupola da osservatorio; basta qualche filo per stendere i panni attorno al posto scelto per le osservazioni, e sopra qualche coperta pesante che agisca da schermo.

Ora si può guardare finalmente il cielo. Chi ricorda di aver letto sui libri di scuola che, in una notte limpida e senza luna, l'occhio umano è in grado di identificare qualche migliaio di stelle, resterà deluso: a prima vista se ne conteranno al più due dozzine. Pazienza e tempo. Stelle a migliaia, ormai, si possono vedere solo in montagna, lontano dalle luci diffuse delle grandi città che inquinano il cielo per decine e decine di chilometri intorno. È però vero che, anche dall'interno di una città, l'adattamento progressivo dell'occhio permette di vedere almeno due o trecento stelle. Quello che basta per orientarsi in cielo.

Parliamo di costellazioni. Tutti i popoli dell'antichità hanno subito la tentazione di raggruppare le stelle secondo allineamenti e zone di cielo particolari, e di assegnare a ciascun gruppo un nome, tratto spesso dalla mitologia locale – idealizzando un po' la geometria del campo stellare. C'è addirittura chi afferma che le prime costellazioni furono definite tra 10.000 e 15.000 anni fa, basandosi su argomenti abbastanza persuasivi. Questo modo di classificare le stelle, al di là di ogni altro significato, ha uno scopo pratico: è molto più facile identificare una stella se la

si pensa occupare una certa posizione all'interno di una figura ben conosciuta, che andandola a pescare tra una miriade di puntini luminosi qualsiasi.

I gruppi di stelle prendono appunto il nome di “costellazioni”, e noi abbiamo ereditato ripartizioni e nomenclature del cielo così come ci sono state tramandate dagli antichi greci, con alcune aggiunte medievali di origine araba. Gli astronomi moderni hanno rivisto e precisato un po' i confini, e hanno battezzato *ex novo* le costellazioni più meridionali, quelle dell'emisfero australe. Così, non meravigliamoci se, accanto a Perseo, Andromeda, Pegaso, Orione e via scorrendo, incontriamo nel cielo Sud la Macchina Pneumatica, il Telescopio, l'Orologio eccetera.

Digressione: in guardia, Lettore; qui potremmo litigare. Se, pensando alle costellazioni, ti sono venuti subito in mente nomi come Ariete, Toro, Gemelli, Cancro, perché sei uno di quelli che non scendono dal letto la mattina prima di aver consultato l'oroscopo quotidiano, ti ordino di non procedere oltre nella lettura di questo libro. Gettalo subito nella spazzatura. Preferisco che finisca così, piuttosto che in mano a quella “compagnia malvagia e scempia” che ha fiducia in maghi, astrologi, cartomanti, medium, e simili. Bada che non scherzo; se non obbedirai, prevedo per te disgrazie a non finire ...

Cominciamo con la prima fase di orientamento astronomico, che è meravigliosamente semplice. La base di tutto è il Gran Carro, nella costellazione dell'Orsa Maggiore, che poco fa vi ho consigliato di visualizzare sullo schermo o su carta. Le sette stelle principali del Gran Carro sono tutte piuttosto brillanti, e sono circumpolari, per cui, alte o basse, sono in cielo ogni notte, e a qualsiasi ora.

Avendo già un'idea grossolana di dove cercare i punti cardinali, guardate il cielo a partire dallo zenit, muovendo lo sguardo verso Nord e zigzagando un po' a Est e Ovest. Se la maggior parte della volta non è occultata da edifici, montagne o altro, è praticamente impossibile non riuscire a identificare il Gran Carro a prima vista. Al più potreste essere sfortunati perché, in quel momento, si trova basso verso l'orizzonte settentrionale, parzialmente immerso nella foschia, ma se il cielo non è

troppo velato e illuminato, dovrete trovarlo comunque. Per inciso, in prima serata, durante l'autunno, il Gran Carro è per l'appunto nella fase più bassa della sua traiettoria. Se non è autunno, e il cielo sembra buono, nel senso che si vedono diverse dozzine di stelle, ma proprio non si trova il Gran Carro, significa che conviene scegliere un posto migliore per le osservazioni perché, per esempio, una frazione troppo grande del cielo è nascosta. Chi, invece, è riuscito a individuare questa configurazione di astri, ha in mano la chiave per tradurre una massa disordinata di puntini luminosi in costellazioni con un nome, una geometria, una storia e un contenuto di oggetti celesti che vale la pena di osservare.

Per ottenere questa traduzione, ci si basa su allineamenti di stelle, ma prima di cominciare c'è una cosa che voglio dirvi sul Gran Carro. Cinque delle sue sette stelle sono parenti strette del nostro Sole. Sono, infatti, nate assieme al Sole, nella medesima nube di gas interstellare, circa quattro miliardi e mezzo di anni fa. Poiché al momento della nascita ciascuna stella aveva una velocità leggermente diversa dalle altre, col passare del tempo hanno continuato ad allontanarsi tra di loro, ma ancora formano un gruppetto ben riconoscibile. Trovo piacevole pensare che proprio queste cinque sorelle maggiori del nostro Sole (più due intruse che stanno passando per caso in quella zona di cielo) ci aiuteranno a orientarci nel firmamento.

Prima osservazione astronomica con l'aiuto di uno strumento. Puntate il binocolo sulla stella centrale delle tre che formano la barra del timone (il Gran Carro si suole dividere nel timone vero e proprio, formato dalle quattro stelle disposte a trapezio, e nella barra del timone, corrispondente alle altre tre non proprio in linea retta, ma ad arco). Dove, a occhio nudo, si vede una sola stella, col binocolo se ne vedono due. Si tratta di una "binaria" composta da due stelle che, a causa delle forze di gravità reciproca, orbitano attorno al comune baricentro? Non proprio: le due stelle che si vedono col binocolo sono molto distanti tra loro, e non legate dalla gravità. Appaiono adiacenti solo per effetto di proiezione sulla volta celeste, ma chi ha buon occhio e buon binocolo, con notte limpida e atmosfera ferma, può notare che la più

brillante delle due stelle non è proprio puntiforme, ma appare un po' allungata. Questa sì, che è una vera binaria, una delle più facili da individuare. Basta un piccolo telescopio con una cinquantina di ingrandimenti, per mostrare due puntini separati: uno più brillante e bianco, e un altro meno brillante, di colore arancio. Diamo un nome a questo primo traguardo osservativo: la stella (il puntino visibile a occhio nudo) si chiama Mizar.

Ecco che, senza neanche farci caso, abbiamo già cominciato a parlare del colore delle stelle, su cui torneremo tra poco e che, a occhio nudo, si riesce a malapena a intuire. Ma dobbiamo proseguire nell'orientamento celeste. Giù il binocolo, e passiamo a esaminare il timone; per la precisione, le due stelle più lontane dalla barra. Attenzione, perché questo è il primo, e il fondamentale, degli allineamenti astronomici. Facciamo passare attraverso queste due stelle una linea retta, e prolunghiamola verso la direzione secondo la quale il trapezio del timone tende ad allargarsi. Andiamo avanti di una, due, tre, quattro volte la distanza tra le due stelle del timone, sempre facendo attenzione a non scartare né verso destra né verso sinistra, ed ecco che incontriamo una stella abbastanza brillante, che si riesce a distinguere bene anche in un cielo non troppo buio e limpido. Siamo giunti sulla stella Polare. Ora, anche senza bussola, sappiamo in che direzione è il Nord.

Volgendo direttamente il viso alla Polare, l'Est è a destra, l'Ovest a sinistra e il Sud dietro le spalle. Ricordate la manovra, poiché in futuro sarà spesso utile avere un'idea della collocazione esatta dei punti cardinali, specialmente quando, per individuare alcuni oggetti celesti, verrà consigliato di muovere lo sguardo verso Sud-Ovest, Nord-Est, e via scorrendo.

La stella Polare non resterà per sempre l'astro del Nord. La Terra, infatti, ruota come fa una trottola quando il suo moto sta per esaurirsi. L'asse di rotazione terrestre, il perno della trottola, descrive una traiettoria a imbuto. Col passare dei millenni, il suo prolungamento fino alla sfera delle stelle fisse incontrerà quest'ultima in posizioni sempre diverse, fino a compiere un giro completo e tornare sulla Polare tra

qualche decina di migliaia di anni. A causa di questo moto (che prende il nome di “precessione degli equinozi”), in tempi preistorici fu, per qualche tempo, la stella Vega a indicare approssimativamente la posizione del Polo Nord celeste. Ma non è il caso di preoccuparsi poiché, al momento, la precessione degli equinozi gioca a nostro favore. Infatti il Polo Nord celeste sta avvicinandosi sempre di più alla Polare e, per almeno un secolo, questa stella sarà un indicatore molto preciso del Nord. Ecco spiegato anche perché, in precedenza, citando le coordinate di Vega, ho detto che si riferivano al 1950. Muovendosi il Polo Nord celeste, ascensioni rette e declinazioni debbono essere riviste quotidianamente. Esistono per questo formulette facili, per fortuna degli astronomi.

La stella Polare, come molti sanno, fa parte della costellazione dell’Orsa Minore, e in particolare del Piccolo Carro, definito così in analogia al fratello maggiore. A differenza del Grande però, il Piccolo Carro non è composto da stelle molto brillanti, ed è probabile che, dal terrazzo di casa, non si riesca a vederne più di due o tre, senza quindi poter identificare la geometria della costellazione. Non è importante; per possedere una buona alfabetizzazione astronomica è sufficiente imparare a distinguere una quindicina di costellazioni al massimo: qualcuna circumpolare e due o tre per ogni stagione. È una conoscenza che si formerà spontaneamente se, durante l’anno, seguirete i consigli che verranno forniti più avanti per individuare gli oggetti più belli e interessanti del cielo.

Passiamo al secondo allineamento astronomico, che parte dalla barra del Gran Carro. Abbiamo detto che le tre stelle che la compongono sono disposte ad arco. Prolungando l’arco, e allontanandoci dal Gran Carro in direzione opposta al timone, giungeremo a una stella molto luminosa, una delle più brillanti del cielo che, osservata col binocolo, mostrerà un colore arancio carico – rosso. Questa stella, che però non è circumpolare, e quindi a volte si trova sotto l’orizzonte, la ritroveremo più avanti. Il suo nome è Arturo, ed è la stella principale della costellazione di Boote, (in italiano: “il Contadino”). Notato il colore, passiamo a un altro allineamento celeste.

Torniamo al Gran Carro e in particolare alla stella doppia Mizar. Tracciamo una retta da Mizar alla Polare e prolunghiamola di altrettanto al di là della Polare. Incontreremo un gruppetto di sei stelle abbastanza brillanti, disposte più o meno a forma di “W”. È la costellazione di Cassiopea: un riferimento celeste importante, in quanto circumpolare anch’essa, e opposta al Gran Carro, cosicché almeno una delle due costellazioni è alta nel cielo e ben visibile, quando l’altra è bassa e immersa nella foschia. Chi si fosse arenato nel tentativo di individuare il Gran Carro, farebbe bene a cercare in primo luogo proprio questa W, dato che anch’essa è luminosa, ben riconoscibile, ed è molto probabile che, in assenza del Gran Carro, sia proprio Cassiopea a dominare la regione circumpolare.

Notiamo ora la stella centrale di Cassiopea, quella che si trova all’intersezione delle due V. Può darsi che appaia come la più brillante del gruppo, ma potrebbe anche essere la più debole. Chiarisco: non è che io non sia in grado di guardare su un catalogo celeste qual è la stella più brillante di Cassiopea. È la stella in sé che, contrariamente all’idea di fissità che associamo agli astri, non riesce a decidere quale sia la sua vera luminosità. Non è una rarità celeste; si tratta di una “stella variabile”, che cioè non emette luce con intensità costante. È un astro molto più massiccio, caldo e intrinsecamente più brillante del Sole, che si gonfia e si sgonfia alternativamente. Al binocolo dovrebbe apparire di un bel bianco brillante, forse addirittura con qualche sfumatura azzurrina.

Richiamo l’attenzione sulla variabilità stellare in generale; in un certo senso, è più la norma che l’eccezione. Perfino il Sole presenta una debole variabilità, che si manifesta come maggiore o minore presenza di macchie con un periodo di 11 anni, più altre variabilità con cicli temporali molto più lunghi. Attorno al 1950, gli astronomi decisero di definire una serie di standard di luminosità stellare, e selezionarono un centinaio di stelle tra quelle sicuramente non variabili, distribuite un po’ dovunque sulla volta celeste. Dopo alcuni anni di misurazioni accurate, si accorsero che almeno un terzo dei supposti standard dovevano essere scartati, poiché

variavano, col tempo, di qualche parte per mille. In seguito segnalerò altre stelle variabili di tipi specifici, aggiungendo anche qualche spiegazione; per ora ricordiamo che quasi la metà delle stelle è un po' variabile.

Tracciamo una linea retta che attraversi la W di Cassiopea partendo dalla V più brillante, verso la V meno brillante e oltre. Attenzione, però: su una superficie sferica non si possono tracciare rette in senso stretto, ma solo archi di cerchio massimo. Sulla sfera celeste, finché trattiamo allineamenti di stelle su distanze brevi, un segmento di retta può essere ancora una buona approssimazione, ma se gli allineamenti si prolungano molto – come nel caso che sto per proporre – bisogna curvare un po'. Abituatevi a tracciare mentalmente grandi archi celesti che vadano dall'orizzonte Nord a quello Sud o, se la visuale è migliore, da quello orientale a quello occidentale.

Torniamo all'allineamento che attraversa Cassiopea. C'è una buona probabilità che, prima d'incontrare l'orizzonte, lo sguardo si posi su una stella molto brillante, che al binocolo apparirà di un bel giallo carico. Si tratta di Capella, stella principale della costellazione dell'Auriga. Pur non essendo circumpolare, ci si avvicina molto, quindi passa gran parte del tempo al disopra dell'orizzonte in ogni stagione, magari un po' bassa verso Nord.

Ora che abbiamo introdotto i tre capisaldi del cielo Nord, e cioè il Gran Carro, la Polare e Cassiopea, possiamo riporre il binocolo nella custodia (assieme alla bustina di sali disidratanti che ogni tanto va rinnovata, altrimenti l'umidità può far appannare le lenti all'interno dello strumento) e tornarcene a casa per imparare qualcosa di più sulla natura delle stelle.

Luminosità e colori

Abbiamo parlato di stelle luminose e deboli, bianche, gialle e rosse. Dobbiamo essere più precisi su luminosità e colori.

Credo che non sarà necessario spendere molte parole sulla distinzione tra luminosità assoluta e apparente delle stelle. La “luminosità assoluta” di cui parleremo a lungo più avanti, può essere pensata come quella che la stella mostrerebbe se fosse posta a una distanza ben specificata da noi. In particolare, gli astronomi hanno scelto 32,4 anni luce come distanza standard per la definizione della luminosità assoluta. Il perché di questa scelta si chiarirà poi; per ora diciamo che, se il Sole fosse posto a tale distanza, faticheremmo un po’ a distinguerlo a occhio nudo, e forse neppure ci riusciremmo, considerando l’inquinamento luminoso cittadino. La “luminosità apparente”, invece, è quella che osserviamo noi dalla Terra. È chiaro che quest’ultima dipende sia dalla luminosità assoluta, sia dalla distanza della stella.

Ho parlato di anni luce senza ancora aver spiegato cosa sono. Ogni tanto qualcuno mi fa domande del tipo: «Quanti anni luce impiegherebbe un’astronave per arrivare alla stella più vicina?», come se l’anno luce fosse una misura di tempo. Al che io digrigno i denti (ma non mordo *quasi* mai). “Anno luce” è una misura di distanza, come il chilometro o il miglio, ma molto più grande. Corrisponde alla distanza percorsa da un raggio di luce in un anno. Poiché la velocità della luce è di circa 300 mila km al secondo, e in un anno ci sono un po’ più di 30 milioni di secondi, un anno luce corrisponde a circa 9.500 miliardi di chilometri.

E, visto che siamo a parlar di misure, dirò anche cos’è un “parsec”, l’unità di misura delle distanze più usata dagli astronomi. Un parsec è la distanza dalla quale si vedrebbe l’ampiezza dell’orbita della Terra attorno al Sole sotto l’angolo di un secondo d’arco. Corrisponde a 3,24 anni luce; quindi la distanza standard che ho introdotto prima parlando della luminosità assoluta delle stelle, è pari a 10 parsec, ma

torneremo ancora sull' argomento.

Luminosità apparenti e distanze restano nozioni astratte, se non riusciamo a visualizzarle in qualche modo. Facciamo dunque l'esempio della stella Arturo: se la mettessimo al posto del Sole, a 150 milioni di chilometri di distanza dalla Terra, apparirebbe molto più grande del Sole, occupando una frazione considerevole del cielo. Per di più, ci inonderebbe con una quantità di luce e calore tali da far salire la temperatura della superficie terrestre di centinaia di gradi, bollire gli oceani e liquefare alcuni metalli, come il piombo e lo stagno. Viceversa, portando il Sole al posto di Arturo, dovremmo armarci di un buon binocolo per riuscire a vederlo come un puntolino debolissimo, poiché a occhio nudo sarebbe del tutto invisibile anche nella notte più buia.

Delle luminosità assolute ci occuperemo nel prossimo capitolo; per ora limitiamoci a quelle apparenti. Gli astronomi moderni hanno cercato, nei limiti del possibile, di adeguarsi alle classificazioni degli antichi per quantificare la luminosità apparente delle stelle. In particolare hanno tenuto conto della classificazione molto accurata di Claudio Tolomeo (II sec. d.C.). Il sistema ereditato dal passato ripartiva le stelle in sei classi di "grandezza" o "magnitudine" detto alla latina. Le più brillanti venivano classificate di prima magnitudine, da cui il modo di dire "brilla come un astro di prima grandezza" riferito a persone o cose notevoli. Alle più deboli, appena visibili a occhio nudo, veniva assegnata la sesta magnitudine. Una ripartizione così grossolana non poteva essere soddisfacente per gli scopi della moderna astronomia. Per conservarla, almeno nelle sue linee generali, è stato necessario introdurre frazioni di magnitudine, e perfino magnitudini negative per le stelle più brillanti.

In pratica, si è proceduto come segue. Per stelle appena visibili a un occhio nudo medio, si è convenuto di mantenere la sesta magnitudine. Dopodiché, si è assegnata una differenza di cinque magnitudini a una differenza di cento volte nell'intensità del flusso luminoso ricevuto dalla stella. Dunque, una stella di prima magnitudine fa entrare nel nostro occhio un flusso di fotoni cento volte più intenso rispetto a una

stella di sesta magnitudine. Le misurazioni hanno però mostrato che le stelle più brillanti inviano flussi luminosi ancora maggiori di quelli corrispondenti alla prima magnitudine. Ecco perché, in violazione alla scala tolemaica, si è dovuti arrivare a definire anche magnitudini 0, magnitudini -1 e così via. Tanto per fare un esempio la stella Sirio, che è la più brillante di tutte, come vedremo parlando del cielo invernale, ha magnitudine -1,47. Il pianeta Venere, quando è al massimo di luminosità, raggiunge una magnitudine di circa -4,4, tanto da riuscire a proiettare ombre. La Luna piena ha magnitudine -12,6; il flusso di luce che ci invia è così intenso da permetterci di leggere il giornale senza accendere una lampadina. Il Sole ha magnitudine -26,8, e perciò ci invia 10 miliardi di volte più luce di Sirio.

So che, a prima vista, il concetto stesso di magnitudini negative, specialmente se applicato alle stelle più luminose, può lasciare perplessi, ma è solo questione di abitudine. E non venitemi a dire: «Ma voi astronomi non potevate pensare a qualcosa di più intuitivo, per esempio assegnare magnitudini negative alle stelle più deboli?». Io non c'entro niente. Prendetela con Tolomeo! Tanto, dall'epoca di Galileo in poi, gli scienziati sono abituati a prendersela con Tolomeo anche quando piove. Piuttosto, questo discorso può aiutare a programmare le osservazioni. Abbiamo detto che il binocolo raccoglie circa 70 volte più luce dell'occhio nudo. Ciò significa che consentirà un guadagno di circa quattro magnitudini, mostrandoci (in condizioni di buio totale) astri fino alla decima magnitudine. Un telescopio con un obiettivo da 20 cm raccoglierà 1.000 volte più luce dell'occhio, con un guadagno di sette magnitudini, facendoci raggiungere così la tredicesima, e per un astrofilo basta così.

A questo punto, prima di montarsi la testa, conviene tornare un momento in terrazza, e controllare anche la qualità del cielo nel luogo in cui verranno eseguite la maggior parte delle osservazioni. Concedete all'occhio almeno dieci minuti di attesa al buio per far dilatare al massimo la pupilla, e poi cercate di nuovo Cassiopea. Senza binocolo, attenzione, individuate la meno brillante delle due V, quella che è anche un po' più schiacciata. Riuscite a vedere bene anche l'ultima stella che completa la W, e

che è la più debole e più lontana delle sei? Quella che, sulla mappa celeste al computer è identificata con la lettera greca ϵ ? Se non avete avuto difficoltà a distinguerla, vuol dire che la luminosità del cielo permette di vedere almeno stelle fino alla magnitudine 3,5 (che non è ancora molto).

Ora proviamo qualcosa di più difficile. Sempre partendo da Cassiopea, tracciamo un segmento dalla stella più brillante alla base della V fino a quella che è servita per il test (la ϵ), e prolunghiamolo poco oltre quest'ultima, all'incirca di un terzo della sua lunghezza. C'è un'altra stella, poco più brillante della quinta magnitudine. Tanto per curiosità, è più o meno come ci apparirebbe il Sole se lo ponessimo alla distanza standard di 32,4 anni luce (o 10 parsec). Se non la trovate subito, individuatela prima col binocolo (sarà facile) e poi riprovate a occhio nudo. Non è detto che riusciate a vederla, poiché la luminosità del cielo notturno sulle grandi città italiane, e per almeno una ventina di chilometri tutto intorno, è tale che al massimo si riescono a distinguere, da un occhio normale, stelle fino alla magnitudine 4 o 4,5.

L'inquinamento luminoso, dunque, si mangia come niente una magnitudine e mezza, se non due. Bisogna tenerne conto anche osservando col binocolo; anziché la decima, si raggiungerà al massimo la nona magnitudine: uno strumento ottico scherma un po' la luminosità diffusa e fa guadagnare qualcosina in più del previsto. Per comodità, d'ora in poi fornirò spesso la magnitudine di oggetti celesti, e la abbrevierò in "mag". Adesso che vi siete fatti un'idea generale della qualità del sito di osservazione, potete tornare a casa e leggere qualcosa sul colore delle stelle.

Colore che, probabilmente, fino a ora non avevate mai notato o quasi. Ciò accade perché la retina dell'occhio umano usa due tipi diversi di recettori luminosi: i "coni" e i "bastoncelli". Questi ultimi sono i più sensibili alla luce, e perciò sono gli unici ad attivarsi con flussi fotonici deboli, consentendo la visione degli oggetti meno luminosi. Non sono però in grado di distinguere i colori; si limitano a individuare la presenza o meno di luce. Se possedessimo solo i bastoncelli, il nostro mondo sarebbe

in bianco e nero; ecco il motivo per cui le stelle, essendo poco luminose, non mostrano colori marcati.

Se il flusso luminoso è abbastanza intenso, invece, si attivano anche i coni. Sono meno sensibili, ma distinguono i colori. A occhio nudo, solo poche stelle brillanti riescono a stimolare un po' i coni, e quindi possiamo al massimo sospettare qualche sfumatura. Il binocolo raccoglie più luce, i coni si attivano in modo massiccio, e i colori appaiono molto più vividi per un gran numero di stelle.

Ma perché le stelle sono colorate? Perché qualsiasi bambino disegna il Sole giallo anziché bianco o rosso? La risposta è semplice: il colore dipende dalla temperatura superficiale delle stelle. Sappiamo tutti che, riscaldando un pezzo di ferro in una forgia, dapprima questo comincia a emettere luce di colore rosso cupo, poi rosso più brillante, arancione e, via via che la sua temperatura continua ad aumentare, gialla e poi bianca. Esiste anche una dicitura proverbiale per indicare una temperatura elevatissima: il "calor bianco". Analogamente accade per le stelle. il Sole, con una temperatura superficiale di circa 6.000 gradi, appare bianco-giallino (gli astronauti, senza il filtro dell'atmosfera, lo vedono più bianco che giallo); una stella più fredda, a 5.000 gradi, apparirà giallo-arancio; a 4.000 gradi apparirà rossa, e di un colore rosso cupo a temperature ancora più basse, poiché il nostro occhio non riesce a rilevare la luce infrarossa. A 10.000 gradi, il colore sarà invece bianco. e a temperature superiori, quando la stella emetterà luce prevalentemente nell'ultravioletto (anch'esso non percepito dall'occhio umano), il bianco sembrerà mostrare sfumature celesti. Altri colori, non vi aspettate di vederne. Su alcuni vecchi libri di astronomia si parla di stelle verdi, segnatamente nel caso di alcune stelle doppie in cui la componente più brillante è di colore rosso intenso e l'altra bianca. Poiché il verde è il colore complementare del rosso, guardando a lungo un oggetto rosso, e poi spostando rapidamente lo sguardo su una superficie bianca, si ha l'illusione ottica di continuare a vedere, per qualche secondo, lo stesso oggetto, ma di colore verde. È quindi possibile che questo tipo di illusione ottica aiuti a intravedere sfumature verdi in una

stella bianca, se abbiamo appena osservato a lungo una stella rossa brillante, ma basta mantenere fisso lo sguardo sulla componente bianca per qualche secondo, per rendersi conto che non c'è nessuna traccia di verde. Dunque, stelle “fredde” (relativamente parlando, visto che si tratta sempre di qualche migliaio di gradi) tendono al colore rosso, e stelle calde al bianco-celeste. Ma perché le stelle possono essere più calde o più fredde? Lo scopriremo parlando della loro vita.

La vita delle stelle

Come ogni altra cosa nell'universo, compreso quest'ultimo, le stelle nascono, vivono e muoiono. La loro longevità è enorme, se confrontata con la durata della vita umana. Paragonandola invece all'età dell'universo, 14 miliardi di anni o poco meno, si può parlare di vite brevissime (poche decine di milioni di anni) o spaventosamente lunghe (decine di migliaia di miliardi di anni) tanto che, in questi ultimi casi, anche stelle che si sono formate immediatamente dopo l'origine dell'universo, si possono considerare ancora "neonate". Vedremo il perché di queste differenze.

Durante la loro vita, le stelle cambiano più volte dimensione, luminosità e colore (non così rapidamente come la stella variabile che abbiamo incontrato prima in Cassiopea, ma in modo sistematico, nell'arco di milioni o miliardi di anni) gonfiandosi e sgonfiandosi in modo che, sentendone parlare, può apparire incredibile, ma che scandisce in realtà i ritmi della loro vita.

Cominciamo dalla nascita. Una stella si forma dalla condensazione, e caduta verso il baricentro, di gas e polveri, contenute in immense nubi interstellari, che incontreremo, e osserveremo, in un prossimo capitolo. Le dimensioni di queste nubi possono raggiungere centinaia di anni luce, e la quantità di materia che racchiudono può essere migliaia di volte superiore alla massa del Sole.

Il gas è inizialmente freddo, e non emette luce ma, via via che si addensa, si scalda e comincia a irradiare luce rossa. Procedendo nella contrazione, le zone centrali e più dense della protostella cominciano a divenire sferiche poiché la forza di gravità che ormai domina, è simmetrica in ogni direzione. Al contrario, le parti esterne, sotto l'influsso di una rotazione vorticoso, si schiacciano a ciambella per forza centrifuga. Secondo le attuali teorie (qui esposte in maniera molto semplificata), ormai ben suffragate da osservazioni eseguite per mezzo di telescopi spaziali, il nucleo centrale originerà infine la protostella vera e propria, mentre la materia

circostante formerà i pianeti. Dunque, i pianeti non sono affatto una rarità nell'universo, ma anzi rappresentano la norma. Dove è nata una stella, le sono nati attorno anche pianeti. Anche qui le osservazioni ci vengono in aiuto, mostrando che, in effetti, altri pianeti, sia giganti gassosi come Giove, sia piccoli e rocciosi come la Terra, esistono attorno ad altre stelle, benché questo settore della ricerca astronomica sia ancora agli inizi o quasi.

Può essere curioso notare che, alla fine del '700, il filosofo e fisico Immanuel Kant, e il matematico Pierre-Simon de Laplace, avevano già intuito che, nella formazione del Sistema Solare le cose dovevano essere andate proprio in questo modo, con la formazione dei pianeti a partire da un anello di materia residua attorno alla stella. La loro teoria fu poi parzialmente abbandonata, in favore di altre di tipo catastrofistico (passaggio di un'altra stella molto vicino al Sole, con enormi onde di marea che si staccano dal nostro astro per poi costituire i pianeti), ma il tempo ha dato ragione a Kant e Laplace.

La contrazione della protostella va avanti mentre questa è ancora avvolta da un guscio denso di materia, residuo della primitiva nebulosa, che non consente alla luce visibile di uscire dal bozzolo. Ma ne esce luce infrarossa, e le osservazioni da satellite ce la mostrano. Quando la temperatura al centro di questo embrione raggiunge un milione di gradi circa, ha finalmente luogo la nascita vera e propria.

Si attivano, infatti, due meccanismi fisici più o meno contemporanei: dalla superficie della protostella parte all'improvviso un forte "vento" che spazza via i residui di nebulosa all'intorno, mettendo a nudo l'astro. Intanto, al centro della stella, i nuclei degli atomi di Deuterio (un isotopo pesante dell'Idrogeno, presente in una frazione di una sola parte su 100.000), urtando contro i nuclei degli atomi di Idrogeno, fondono assieme formando un isotopo di Elio. Si tratta delle prime reazioni di fusione, dette "termonucleari" perché innescate dall'alta temperatura, che avvengono all'interno della stella neonata (ormai possiamo parlare di stella in tutti i sensi), e che producono luce e calore per qualche milione di anni.

Questo è, infatti, il segreto della generazione di energia nelle stelle: reazioni di fusione nucleare che, partendo da atomi leggeri come l'Idrogeno, formano atomi più pesanti (come l'Elio e altri, che vedremo tra poco) producendo al contempo enormi quantità di energia che viene irradiata nello spazio. Più o meno ciò che avviene quando facciamo esplodere un ordigno termonucleare; la differenza principale consiste nel fatto che l'esplosione che riusciamo a produrre sulla Terra è incontrollata, e non possiamo sfruttarne l'energia se non per scopi distruttivi. Le macchine nelle quali si tenta, sulla Terra, di riprodurre la fusione controllata, costano così tanto, che bisogna costituire consorzi di nazioni per mettere assieme i finanziamenti necessari alla loro costruzione. Appena ora cominciano a produrre piccole quantità di energia, e ci vorranno ancora molti decenni prima che sia possibile generare sulla Terra, in scala industriale, energia così come avviene all'interno delle stelle. A quel punto, disporremo veramente di energia quasi illimitata, e con impatto ambientale basso, anche se non del tutto nullo.

Tornando alle stelle, abbiamo detto che il Deuterio è presente in minima quantità. Il suo bruciamento nucleare dura quindi poco, in confronto alla vita di una stella, anche se durante questa fase la struttura ormai sferica riesce a "tenersi su", a stabilizzarsi finché c'è qualcosa da bruciare. Notate: d'ora in poi userò sempre quest'ultimo termine, "bruciamento", per indicare una combustione nucleare. Esaurito il Deuterio, la stella ricomincia a contrarre su se stessa e scaldarsi ancora. A temperature superiori bruciano il Litio, poi il Berillio e il Boro i quali, essendo però presenti in una percentuale infinitesima, non forniscono un contributo energetico apprezzabile, e la stella continua a contrarre e scaldarsi. Scalda che ti scalda, alla fine si raggiungono i 10 milioni di gradi, milione più, milione meno. Un secondo punto di svolta, dopo la nascita.

L'infanzia della stella è infatti terminata e comincia la maturità, poiché l'Idrogeno, che è l'elemento più abbondante (circa il 70-75% del totale), comincia a bruciare con sé stesso trasformandosi lentamente in Elio. Tanta energia viene

prodotta al centro della stella per bruciamento dell'Idrogeno, tanta ne viene irradiata in superficie, e la struttura si stabilizza. Per di più, il bruciamento di Idrogeno è particolarmente energetico, e questa fase della vita della stella è quella di maggior durata. Il Sole, con i suoi quasi cinque miliardi di anni, è per esempio una stella di mezza età, avendo ancora Idrogeno da bruciare per almeno altrettanto tempo.

Come facevano i fisici dell'800 a spiegare la lunga vita delle stelle, dal momento che non conoscevano ancora l'energia nucleare (tutto viene dalla famosissima formula $E = m \times c^2$)? Semplice: non la spiegavano. Si può, per esempio, calcolare che, se il Sole fosse composto di carbonella, bruciando come in una caldaia cosmica, potrebbe irraggiare luce al ritmo attuale per non più di 6.000 anni. Facendo ricorso a un'altra forma di energia, quella potenziale, dovuta cioè alla sua contrazione gravitazionale, il Sole potrebbe durare forse 20 milioni di anni alla luminosità odierna. Ma, già nell'800, i paleontologi conoscevano strati geologici e fossili ben più antichi, segno che il Sole illumina con costanza la Terra da tempi molto più lunghi. E allora? E allora, niente. Gli scienziati sono come qualsiasi altro essere umano; quando una cosa va troppo al di là della loro comprensione, si limitano a ignorarla.

Torniamo al bruciamento di Idrogeno. Abbiamo detto che la maggior parte della vita di una stella viene trascorsa in questa fase, che prende il nome di "Sequenza Principale". Dovremmo quindi aspettarci che anche la maggior parte delle stelle che vediamo in cielo siano stelle di sequenza principale, il che è quasi vero (c'è sempre un "quasi"). Infatti, si può dimostrare che la luminosità assoluta e il colore di una stella dipendono dalla sua massa (sarebbe improprio parlare di "peso", ma può rendere l'idea). Stelle di massa inferiore a quella solare sono più fredde, rosse e molto meno luminose, cosicché è difficile, per noi, vederle anche se sono abbastanza vicine. Stelle di massa maggiore sono invece più calde, bianco-celesti e molto più luminose, per cui possiamo vederle anche se sono piuttosto lontane. Grosso modo, la luminosità assoluta di una stella in sequenza principale è proporzionale alla sua massa elevata al cubo o poco più: due volte la massa solare, otto – dieci volte più luminosa del Sole.

Abbiamo accennato alla massa delle stelle, e vale la pena di dedicare due righe a questo concetto. In termini scientifici la “massa” è definita come la quantità di materia – per esempio il numero totale di protoni e neutroni – contenuta in un oggetto, e si misura in grammi (o multipli). Per misurazioni astronomiche, la massa del Sole è invece l’unità di misura più conveniente. È difficile farcene una rappresentazione mentale adeguata, visto che corrisponde a due miliardi di miliardi di miliardi di tonnellate: un numero troppo grande perché possiamo comprenderlo. Non cambierebbe nulla dire che corrisponde a 300 mila volte la massa della Terra o a un miliardo di miliardi di volte la massa del Monte Bianco. Il nostro intelletto non è costruito su misura per comprendere le quantità astronomiche. Contentiamoci di parlare di masse solari, senza preoccuparcene oltre.

Gli astrofisici dimostrano dunque che, se la massa del nucleo centrale che si forma al termine della contrazione della nube è inferiore a circa un decimo di quella del Sole, l’oggetto non ce la fa a innescare il bruciamento nucleare dell’Idrogeno, ed è dunque destinato a morire prima ancora di nascere come stella. Diventa un pianetone gigante; una specie di fratello (molto) maggiore di Giove e, in linguaggio tecnico, viene definito “nana bruna”. Esso non raggiungerà mai la Sequenza Principale, raffreddandosi fino a scomparire nel buio eterno. Non è ancora escluso totalmente che, tra il Sole e Proxima del Centauro, la stella a noi più vicina, possa esistere qualche nana bruna ancora non rivelata dai nostri strumenti, ma la probabilità diminuisce di anno in anno, grazie a osservazioni sempre nuove.

All’estremo opposto, oggetti che nascono con una massa superiore a 50-60 volte quella del Sole (la teoria non è ancora precisissima in merito) sono instabili. Mentre accrescono materia dalla nube che li sta generando, ne buttano fuori altrettanta se non di più, per cui la loro esistenza come stelle è di durata effimera. Queste stelle-mostro sono luminosissime, tanto che nel cielo meridionale se ne distingue a occhio nudo una che non si trova neppure nella nostra galassia, ma a oltre 100 mila anni luce di distanza. il suo nome è η della costellazione della Carena; in realtà la definizione si

riferisce a tutto un guazzabuglio di nebulosa, gas, stella principale e altre stelle molto brillanti sempre in fase di nascita, di cui però la stella-mostro è l'oggetto più luminoso. Peccato che, dalle nostre latitudini, non si possa vedere, ma le fotografie che ne inviano i telescopi spaziali sono impressionanti.

Dunque, la massa delle stelle è compresa tra una cinquantina, e un decimo circa di quella solare. Le più massicce hanno una luminosità assoluta in Sequenza Principale decine di migliaia di volte superiore a quella del Sole, le meno massicce sono migliaia di volte meno luminose e, come già accennato, anche se sono molto vicine, è difficile scoprirle. In compenso, le prime hanno vita breve poiché, se la massa è per esempio 10 volte quella solare, la quantità di combustibile a disposizione va in proporzione, mentre la luminosità è mille volte maggiore di quella del Sole. La vita della stella durerà quindi solo un centesimo di quella solare. Gli oggetti meno massicci, invece, vivranno così a lungo che, un giorno molto lontano, tra migliaia di miliardi di anni, solo loro illumineranno (debolmente) la galassia moribonda.

Al termine della vita matura, quando l'Idrogeno nelle zone centrali è ormai tutto trasformato in Elio, ha inizio la senescenza della stella, la cui durata è molto più breve di quella delle fasi precedenti. Durante questo lasso di tempo, avvengono però fenomeni molto complessi, che possiamo descrivere solo in modo schematico anche perché, dopo la sequenza principale, le vicissitudini delle stelle sono diverse a seconda della loro massa. Vediamo anzitutto quelle comuni a tutte.

In primo luogo si forma un nucleo centrale di Elio che si contrae e si scalda, mentre l'Idrogeno brucia furiosamente in una sottile pellicola al bordo di questo nucleo. Furiosamente, perché le trasformazioni della stella in queste condizioni la conducono a gonfiarsi enormemente, fino a centinaia di volte l'attuale raggio solare (tra cinque miliardi di anni il Sole ingoierà la Terra e, poco più tardi, anche Marte), a diventare fredda e rossa in superficie, ma anche molto più luminosa di quanto fosse in Sequenza Principale. Per fornire l'energia necessaria, dunque, il bruciamento di Idrogeno deve accelerare i suoi ritmi.

Quando la temperatura all'interno del nucleo di Elio raggiunge i 100 milioni di gradi, avviene un fenomeno inatteso. Le “ceneri” lasciate dal precedente bruciamento riescono a loro volta ad accendersi. L'Elio comincia a bruciare trasformandosi in Carbonio e Ossigeno. Purtroppo, queste reazioni nucleari sono molto meno energetiche del bruciamento di Idrogeno, per cui l'Elio centrale si esaurisce in tempi relativamente brevi. A questo punto, le stelle che possiedono una massa almeno una decina di volte superiore a quella solare prendono una strada, quelle meno massicce ne imboccano un'altra. Seguiamo dapprima il percorso evolutivo delle più piccole, poiché ci fornirà informazioni anche sul futuro, e sulle modalità di decesso, del nostro Sole.

Il nucleo di Carbonio e Ossigeno lasciato dal bruciamento dell'Elio continua a scaldarsi anche lui per un po' di tempo, raggiungendo una temperatura di qualche centinaio di milioni di gradi. Poi si stabilizza come se fosse un corpo solido, e comincia a raffreddarsi lentamente. Intanto, le zone esterne, ancora ricche di Elio e di Idrogeno, bruciano a singhiozzo. Per qualche migliaio di anni l'Idrogeno brucia sempre più furiosamente (la luminosità della stella continua ad aumentare, e deve provenire tutta dalle reazioni di fusione dell'Idrogeno) accumulando Elio negli strati sottostanti. A un certo punto questi ultimi si accendono con un “botto” spaventoso che squilibra tutta la struttura esterna della stella, la fa espandere e raffreddare, e fa anche spegnere per qualche centinaio di anni la pellicola in cui brucia l'Idrogeno. L'Elio che si era accumulato in un guscio sottile – un sandwich tra l'involucro di Idrogeno e il nucleo di Carbonio e Ossigeno – si consuma fornendo lui l'energia necessaria al sostentamento della stella, e riversando altro Carbonio sul nucleo. Poi si esaurisce e si spegne. A quel punto si riaccende l'Idrogeno, si accumula altro Elio, avviene un nuovo botto, e l'evoluzione della stella procede attraverso una lunga serie di singhiozzi Elio-Idrogeno, sempre aumentando di luminosità. Nel contempo, le parti superficiali della stella, gonfiandosi senza interruzione, evaporano nello spazio interstellare a ritmo crescente. Quando il ritmo di evaporazione supera certi

limiti, la stella entra in agonia. Il suo raggio comincia a espandersi e contrarsi ritmicamente con un periodo di alcuni mesi o anni, come se la stella respirasse affannosamente (continuo con l'analogia biologica perché rende l'idea). Alla fine, esala un paio di ultimi respiri, espelle il poco Idrogeno che le era rimasto, e muore. Nel seguito spiegherò come osservare questi ultimi respiri, che si manifestano come piccoli anelli di fumo debolmente luminosi.

Il cadavere della stella prende il nome di “nana bianca”. È costituito dal nucleo di Carbonio-Ossigeno, il quale seguita a raffreddarsi e diventare sempre meno luminoso, come le braci nel caminetto quando si spengono lentamente. Attorno al nucleo c'è una pellicola residua di Elio che si raffredda anch'esso e, all'incirca nella metà dei casi, rimane un'ulteriore buccia sottilissima di Idrogeno. La nana bianca è inizialmente molto calda e luminosa, ma il suo raggio è piccolo, dell'ordine di quello terrestre, ancorché la sua massa sia dell'ordine di quella solare. Bastano poche centinaia di anni perché la luminosità crolli di ordini di grandezza. Via via che la luminosità scende, i tempi di raffreddamento ulteriore si allungano, e infine occorrono miliardi di anni prima che la nana bianca sparisca del tutto.

Prima che ciò avvenga, all'interno della ex-stella, ha luogo un ultimo fenomeno notevole. Gli atomi di Carbonio e Ossigeno, che sono ionizzati, poiché gli elettroni non sono legati ai nuclei come nella materia ordinaria, si dispongono regolarmente ai vertici di un reticolo ordinato. Detto in termini più semplici, la nana bianca “cristallizza”. Nello spazio attorno a noi esistono una infinità di “diamanti cosmici”, corrispondenti all'ultimo stadio di esistenza, virtualmente eterno, di stelle morte. Per la verità, la corrispondenza tra il diamante (che è un cristallo di Carbonio puro) e questi cristalli stellari è piuttosto imprecisa; lascio l'idea un po' in sospeso perché è suggestiva. Tra 10 miliardi di anni, il Sole sarà un cristallo cosmico anche lui, invisibile, e percepibile solo grazie alla forza di gravità che continuerà a esercitare nei propri dintorni.

Dobbiamo ora occuparci del destino delle stelle di massa maggiore. Anche in

questo caso, assistiamo alla formazione di un nucleo di Carbonio e Ossigeno il quale però, a differenza del caso precedente, non si stabilizza, ma continua a scaldarsi via via che l'Elio e l'Idrogeno all'esterno bruciano. Quando la temperatura nel nucleo raggiunge circa 800 milioni di gradi, le "ceneri" si infiammano nuovamente: il Carbonio comincia a bruciare producendo Neon, Magnesio e altri elementi. Il suo contributo all'energetica totale è però molto scarso: in 10.000 anni o forse meno si consuma tutto, e la temperatura centrale aumenta rapidamente, in pochi giorni, fino a superare il miliardo di gradi, quando comincia a bruciare anche l'Ossigeno.

Descrivere in dettaglio le fasi successive sarebbe complicato e poco interessante; l'unica cosa da sapere è che, dal momento in cui comincia a bruciare l'Ossigeno in poi, la stella ha i minuti contati. Poche ore per il bruciamento dell'Ossigeno, minuti per i bruciamenti successivi, che conducono alla formazione di altri elementi fino al Ferro, e un paio di secondi per la tragedia finale. L'oggetto, ormai, possiede una struttura a "cipolla": uno strato esterno di Idrogeno, un guscio di Elio, uno di Carbonio, uno in cui c'è ancora dell'Ossigeno, uno ricco di Neon, e poi gusci di Magnesio, Silicio, Zolfo e così via, fino al nucleo di Ferro. Quest'ultimo non è più in grado di produrre energia per fusione nucleare, e crolla su se stesso fino a diventare una stella di neutroni, se non addirittura uno dei famigerati buchi neri quando la massa della stella è veramente grande, mentre, per reazione, le zone esterne rimbalzano ed esplodono con una catastrofe cosmica che, per alcuni giorni, rende la stella brillante come un'intera galassia: diciamo 100 miliardi di volte più del Sole. Siamo di fronte a una "supernova". Nei dintorni del Sole, fin dove possiamo vedere, ne esplose mediamente una ogni 200-300 anni, poiché le stelle così massicce sono molto rare.

Il racconto appena concluso può aiutarci a comprendere in che relazione si trovano il colore di una stella, la sua massa e la sua età. Se una stella ci appare bianca, essa è quasi certamente di sequenza principale e di grande massa; se ci appare gialla o rossiccia, è quasi certo che sia senescente. In teoria potrebbe essere di Sequenza

Principale e di piccola massa ma, benché questi ultimi oggetti siano di gran lunga i più numerosi nelle vicinanze del Sole, essi sono così fievoli che è più probabile che l'osservazione a occhio nudo ci mostri stelle enormemente brillanti e gonfie, fredde e prossime al termine della loro esistenza. Qualche pagina addietro avevo affermato che, stante il fatto che le stelle trascorrono la stragrande maggioranza della loro vita in Sequenza Principale, “quasi” tutte le stelle osservate si sarebbero dovute trovare in questa fase. Ecco spiegato anche l'ultimo “quasi”. Deduciamo quindi che Arturo e Capella sono stelle vecchie, anche se l'aggettivo, applicato a una stella, ha un significato relativo. La stella variabile in Cassiopea è invece giovane, e di massa molto maggiore di quella del Sole. Questa regola non è assoluta, ma almeno dal punto di vista statistico può essere applicabile.

Un'ultima cosa: parlando di nascita delle stelle ho affermato che esse si formano a partire da nubi di gas interstellare; alla loro morte, poi, rigettano nel vuoto parte della loro massa: quasi tutta le supernove, poca le altre. Questa materia riciclata, che può in seguito entrare a far parte di nuove stelle, è arricchita in elementi chimici che non esistevano ancora quando si formò la stella ormai morente, e che essa ha sintetizzato all'interno per mezzo di reazioni termonucleari nel corso della sua vita. Facciamo un esempio. Il Carbonio, l'Ossigeno, il Calcio, il Fosforo, lo Zolfo, l'Azoto i quali, assieme all'Idrogeno, sono i principali costituenti del nostro corpo, non esistevano prima di essere prodotti da una stella ormai morta. È così che sappiamo che un tempo, circa cinque miliardi di anni fa, gli atomi oggi costituenti il nostro corpo si trovavano all'interno di una stella che, morendo, esplose, e dalla cui materia si formò poi il Sistema Solare.

Queste poche pagine di teoria basteranno. È ora di tornare in terrazza col binocolo saltando al capitolo corrispondente alla stagione giusta. Ricordate che la descrizione del cielo fornita di seguito vale verso le 22 (ora solare) a metà stagione.

Primavera. Il Leone

Il cielo primaverile, oltre a essere dominato dal Gran Carro che si trova in alto, quasi sulla verticale, è caratterizzato dalla costellazione del Leone, molto facilmente riconoscibile. Parleremo anche di Boote, Cancro e Vergine, ma il Leone è più spettacolare, almeno a occhio nudo.

Abbiamo imparato che, partendo dalle ultime due stelle del timone del Gran Carro, da un lato si va verso la Polare. Dall'altro, più o meno equidistante, c'è il Leone, la cui stella più brillante (Regolo di mag 1,4) corrisponde alla zampa anteriore. Con un po' di fantasia, il gruppo di stelle a Nord di Regolo rappresenta la testa, mentre il triangolo più brillante verso Est è la coda. Assieme a Orione e allo Scorpione, di cui si parlerà nei capitoli dedicati ad altre stagioni, il Leone è una delle poche costellazioni la cui geometria sia evocativa del nome. Molto più misteriosa appare al profano l'iconografia legata a Bilancia, Cefeo, Capricorno, Cane Maggiore.

Il Leone dunque, per essere ben riconoscibile, rappresenterà il caposaldo nel cielo primaverile. All'osservazione col binocolo si nota la stella γ (mag 2,3) alla base del collo, che è una binaria in cui entrambe le componenti sono stelle anziane, giganti rosse. Altro particolare degno di nota è una stella non delle più brillanti, a Est di Regolo, di solito identificata sulle mappe con due cerchi concentrici, simbolo che indica le stelle variabili. Se, all'osservazione col binocolo, non riuscite a trovarla, è probabile che dobbiate aspettare qualche mese per vederla. Si tratta, infatti, di una stella che passa dalla massima alla minima luminosità (una differenza di circa 400 volte, ovvero 7 mag) con un periodo di ben 150 giorni! È una stella senescente, che sta ansimando nelle sue ultime fasi vitali.

Il campo stellare del Leone è molto ben popolato, e al binocolo presenta un bellissimo spettacolo. Come avrete già notato durante la prima escursione in terrazza, molto spesso non c'è bisogno di cercare meraviglie particolari. Basta muovere

lentamente il binocolo da una zona di cielo all'altra, per incontrare campi ricchi in stelle, geometrie interessanti e, in una parola, godersi il firmamento. In particolare è piacevole scoprire stelle doppie – che possono essere tali solo perché si proiettano per caso nella stessa zona di cielo, oppure ruotare assieme per l'eternità – in specie se hanno colori diversi tra loro, e al binocolo si distinguono molto meglio che a occhio nudo. Chissà che un'illusione ottica non vi faccia incontrare la famigerata stella “verde”? D'ora in poi, nella descrizione degli oggetti di particolare interesse, darò per scontato che il Lettore abbia già spaziato tra stelle brillanti e campi apparentemente vuoti a occhio nudo, per scovarvi una quantità di bellezze destinate a restare anonime (non per gli astronomi, i quali catalogano sempre tutto).

Di Arturo (mag -0,06), che si trova a Est del Leone, abbiamo già parlato; nella sua costellazione (Boote o Contadino) non ci sono oggetti brillanti di grande interesse; passiamo alla costellazione della Vergine, che si trova sempre a Est del Leone, a sud di Arturo.

È probabile che, a occhio nudo, si riesca a individuare ben poco oltre alla stella più brillante, Spica (mag 1,0), che è anch'essa di un bel colore bianco come Regolo, ed è altrettanto luminosa. Tutte le altre stelle della Vergine, infatti, vanno dalla mag 3 in su. Come curiosità, sappiate che nel campo celeste coperto dalla Vergine si trovano alcuni degli oggetti più interessanti, ma anche più difficili da studiare, dell'universo vicino. Al confine tra Leone e Vergine, si proietta infatti un enorme ammasso di migliaia e migliaia di galassie, molto distanti, e quindi osservabili solo con telescopi di una certa potenza, che hanno rappresentato un grosso problema per gli astronomi. Per molti anni è parso che laggiù ci fosse talmente tanta materia, da esercitare un forte effetto gravitazionale per centinaia di milioni di anni luce all'intorno, e si parlava di un fantomatico “Grande Attrattore”. Per chi dispone di strumenti adeguati non c'è angolo del cielo privo di interesse, per quanto insignificante possa apparire col binocolo.

Spostiamoci ora dall'altro lato del Leone, verso ovest, non molto distante da

Regolo. Siamo nella costellazione del Cancro e quasi certamente, senza l'ausilio del binocolo, almeno nei cieli cittadini non si riuscirà a vedere granché. Le stelle più brillanti del Cancro sono infatti deboli (andiamo dalla mag 4 in poi), ma ci sono altre cose interessanti: due ammassi aperti tra i più vicini e più belli da vedere.

Cos'è un ammasso aperto? Un gruppo di centinaia o migliaia di stelle che sono nate assieme, nella stessa epoca, e nella stessa nube di gas. Sono talmente numerose che l'attrazione gravitazionale reciproca rende loro molto difficile (anche se non impossibile) fuggirsene via ciascuna per proprio conto. Dunque, anche se al passare del tempo l'ammasso tende pian piano a spopolarsi, per lungo tempo – nel caso di **M67** da quattro miliardi di anni – rimane un folto e denso gruppo di stelle a testimoniare che, in quel luogo, la formazione stellare ebbe un tempo enorme vigore. Ma ho citato **M67**; che cosa significano quella sigla e quel numero?

Nel '700, in Francia gli astronomi andavano a caccia di comete come oggi fanno gli astrofili, i quali riescono quasi sempre a individuare per primi questi oggetti, quando ancora si trovano a grande distanza dalla Terra, e a battezzarli col proprio nome. Ora, come si presenta una cometa al suo primo apparire? Non certo con la lunga coda ben sviluppata che siamo soliti associare all'immagine di questi corpi celesti. Le comete appena scoperte si mostrano come semplici nebulosità più o meno sferiche, piccole, debolmente luminose. L'astronomo Charles Messier (dal cui cognome la lettera M) decise di non farsi ingannare da falsi allarmi, e compilò un elenco di tutti gli oggetti che, al suo modesto strumento, mostravano apparenze cometarie pur essendo qualcos'altro. Poco più di un centinaio di elementi del bestiario celeste in tutto. Messier non passò alla storia per aver scoperto un gran numero di comete, come avrebbe desiderato, ma per aver catalogato per la prima volta un certo numero di ammassi aperti, nebulose, galassie e altre amenità di cui dirò più avanti. E anche per essersi fatto scappare due comete vere, visto che un paio di oggetti da lui inventariati non sono mai più stati ritrovati dagli astronomi successivi.

Nel catalogo Messier l'oggetto numero 67 è appunto un ammasso aperto, molto

antico e interessante. Poiché il binocolo del nonno è poco meno potente dello strumento di cui disponeva Messier, con esso si vedrà al massimo una chiazza di luce sfumata ai bordi, ma basta già un piccolo telescopio amatoriale per distinguere la zona centrale, molto fitta, dalla corona di stelle sparpagliate nella zona esterna.

Miglior fortuna avrete invece con un altro ammasso aperto, che si trova proprio al centro della costellazione: **M44** detto anche “il Presepe”. Questo è molto più vicino e luminoso del precedente, tanto che nelle notti veramente buie, che in città si verificano solo in coincidenza con un black-out elettrico globale, si riesce a vederlo a occhio nudo. Col binocolo, è uno spettacolo indimenticabile, poiché si distinguono, in un campo ristrettissimo, decine o centinaia di stelle. E tanto basti per un primo approccio al cielo primaverile. Fate esercizio per imparare a riconoscere il Leone a una prima occhiata, e sarete già un pezzo avanti.

Il “Triangolo Estivo” e la Via Lattea

Il cielo estivo è molto più ricco e interessante di quello primaverile. Per di più, durante le vacanze, spesso ci allontaniamo dalla città verso regioni meno inquinate anche sotto il profilo luminoso (e la notte non fa troppo freddo ...).

Il Gran Carro e Arturo declinano verso occidente, mentre sulla nostra verticale domina la volta celeste il gruppo del cosiddetto “Triangolo Estivo”. Non si tratta di una costellazione, ma di tre stelle molto brillanti, ciascuna appartenente a una costellazione diversa: Vega (mag 0,04 nella Lira), stella bianca che passa molto vicina allo zenit; Deneb (mag 1,26 in Cigno), bianca anch'essa; Altair (mag 0,8 in Aquila), ancora bianca, un po' più meridionale.

Benché Deneb sia la meno brillante delle tre, la costellazione del Cigno è la più facilmente riconoscibile, e ci orienteremo con questa. Tutto il Triangolo Estivo è comunque una buona configurazione di orientamento. Visualizzate il Cigno sullo una cartina celeste, familiarizzatevi con la sua forma a croce, immaginando un cigno in volo con le ali spalancate, di cui Deneb rappresenta la coda e la stella Albireo (mag 3,1) la testa al termine del collo, un po' troppo lungo, e finalmente potrete salire in terrazza.

Individuerete il Cigno a una prima occhiata e, lasciando passare il tempo di adattamento dell'occhio, se vi trovate lontano dalla città ed è abbastanza buio, vi accorgete che questa costellazione è attraversata da una fascia debolmente luminosa che, con un po' di buona volontà, si può seguire a occhio nudo da un orizzonte all'altro. È la Via Lattea, la galassia in cui siamo immersi: un disco immenso composto da forse 200 miliardi di stelle, da quantità inconcepibili di polvere e gas, più una cosa molto misteriosa, che la circonda e la permea, e si chiama “materia oscura”. Ma, essendo “oscura”, non c'interessa, e torniamo ad ammirare la Via Lattea. Questa appare come una banda che gira tutto intorno a noi – anche se la zona

che se ne vede d'estate è la più luminosa e appariscente per il motivo che discuteremo tra poco – a causa della sua forma a disco sottile, e per il fatto che il Sole si trova immerso nello spessore del disco stesso, in posizione periferica rispetto al centro. Per chi la osservasse da una prospettiva più centrale, il cielo sarebbe certamente denso di astri molto brillanti, ma forse l'estetica non andrebbe di pari passo con la convenienza. I dintorni del nucleo della nostra galassia, come pure di tutte le altre, non sono infatti luoghi molto igienici, ospitando ciascuno un immenso buco nero che, almeno saltuariamente, frantuma e ingoia gli astri che gli passano troppo vicino, e riversa fino a grande distanza radiazioni X di grande intensità. Meglio la nostra quieta periferia, a quasi 30 mila anni luce da quel mostro che, peraltro, nella nostra galassia è al momento quiescente e non si fa vedere troppo.

Al di là dei numerosi oggetti interessanti che popolano il cielo estivo, e di cui parleremo nel prossimo capitolo, la Via Lattea domina in modo assoluto la nostra attenzione, anche se la stragrande maggioranza di chi vive in città non l'ha mai vista, e non sa nemmeno che ci sia. Per credermi, dovete montare in macchina una sera, possibilmente tra la fine di luglio e i primi di agosto, portandovi appresso un plaid di lana (non sto scherzando) o un giaccone pesante, e fare in modo di trovarvi, verso le ore 22, in una zona di montagna attorno ai 1.000 metri o più, e ad almeno 50 chilometri di distanza dalla metropoli più vicina. Date la geografia e l'orografia italiana, questo non può prendervi più di un'ora, un'ora e mezza. Mi ringrazierete, e soprattutto potrete toccare con mano il significato della definizione "inquinamento luminoso" di cui ho parlato spesso: è come un rumore di fondo persistente che ci accompagna fin dalla nascita; ce ne accorgiamo solo se all'improvviso sparisce.

Avete portato il binocolo? Tornate a casa a prenderlo, e puntatelo sulla Via Lattea in una zona qualsiasi, come fece Galileo col suo primo cannocchiale quattro secoli fa. Come lui, scoprirete che quella che sembra solo una luminosità diffusa, una specie di cirro ad altissima quota che ancora riflette un riverbero lontano del sole tramontato da un pezzo, si risolve in una miriade di astri e di altri oggetti. Infatti,

anche se non è possibile accertarsene con uno strumento limitato come il binocolo, la nascita, vita e morte delle stelle sono concentrate proprio nella Via Lattea, ed è dunque in questa banda luminosa che dovremo cercare la maggior parte delle nubi, o reparti maternità stellari, degli ammassi di stelle adulte, e dei cimiteri più o meno oscuri lasciati dalla loro dipartita. Nelle altre zone del cielo potremo veder proiettati solo quegli oggetti che si trovano a poca distanza dal Sole, nello spessore piuttosto ridotto (qualche centinaio di anni luce) del disco galattico.

La ricchezza stessa della galassia ha i suoi lati negativi e oscuri, in quanto il suo contenuto di polvere ostacola la visione lungo il piano del disco. Volendo vedere oggetti astronomici veramente lontani, come per esempio altre galassie, è meglio guardare in direzione perpendicolare al piano galattico, dove la materia è sempre più rarefatta via via che ci si allontana dal Sole, per lasciare presto il campo al vuoto più assoluto. Ma questo è più un problema per l'astronomo professionista che dispone di strumenti enormi: per il dilettante, la ricchezza della Via Lattea è solo una gran quantità di ben di dio.

Dal Cigno, seguiamo dunque la Via Lattea verso Nord-Est, e ci accorgeremo che anche Cassiopea, che a quest'ora è facilmente riconoscibile, si proietta lungo la galassia, pur se la luminosità di quest'ultima diminuisce scendendo verso Nord. Al contrario, se partendo dal Cigno seguiamo la Via Lattea verso Sud, la luminosità della galassia aumenta (almeno finché non ci immergiamo negli spessi strati atmosferici vicini all'orizzonte, che assorbono molto la luce). e le costellazioni sono più ricche.

Ritroviamo Altair e l'Aquila; più a sud il Sagittario con numerose stelle abbastanza brillanti, ma nelle quali è difficile riconoscere il disegno del soggetto che si pretende rappresenti. Infine, scendendo verso l'orizzonte, ecco un gruppo di stelle davvero notevoli, che appartengono alla costellazione dello Scorpione. Le stelle dello Scorpione, purtroppo, non si allontanano mai molto dall'orizzonte e, rimanendo tra spessi strati d'aria, non appaiono brillanti come se le osservassimo da una latitudine

più bassa, vicino all'equatore. Il cuore dello Scorpione è Antares, stella un po' variabile attorno alla prima magnitudine, di un bel rosso intenso distinguibile anche a occhio nudo. Il nome le deriva proprio dal colore; si trova infatti vicina all'"eclittica" la quale, come vedremo più avanti, corrisponde alla traiettoria percorsa in cielo dal Sole e dai pianeti. Quindi, la stella in questione è anche vicina occasionale del rosso Marte (Ares, per i Greci) il quale, ogni due anni circa, passa accanto ad Antares (anti-Ares) rivaleggiando con lei per colore e splendore.

Tra il Sagittario e lo Scorpione, la Via Lattea raggiunge il massimo spessore e la massima luminosità anche se, dalle nostre latitudini, essendo queste due costellazioni sempre basse sull'orizzonte, bisogna fare molta attenzione per accorgersene. Nella costellazione del Sagittario si proietta, infatti, il centro della galassia, infestato da quell'orribile buco nero la cui massa è tre o quattro milioni di volte maggiore di quella solare, ma anche ricchissimo di stelle, nebulose e altri oggetti luminosi e oscuri.

Godetevi la Via Lattea col binocolo, senza per ora preoccuparvi della ricerca di oggetti particolari; ci torneremo tra un po', costellazione per costellazione.

Ancora sul cielo estivo

Eccoci di nuovo al Triangolo Estivo: puntate proprio sulla vostra verticale la stella Vega, la più brillante delle tre. Esplorate anzitutto la piccola costellazione della Lira. Partendo da Vega e muovendovi verso sud di pochi gradi (cinque o sei, perché la costellazione occupa una frazione molto piccola della sfera celeste – per orientarvi, ricordatevi che sia il Sole, sia la Luna sottendono, sul cielo, un arco di circa mezzo grado) incontrerete due stelle non molto brillanti, all'incirca di mag 3,5, β e γ della Lira, a un grado di distanza l'una dall'altra.

Congiungetele con un segmento ideale. Se la notte è abbastanza buia è probabile che, circa a metà di questo segmento, possiate individuare una stellina molto debole, quasi al limite di visibilità. Si tratta di un oggetto interessante per chi disponga di un piccolo telescopio dato che, osservato a un centinaio di ingrandimenti, apparirà come un debole anello luminoso di piccole dimensioni. È una “nebulosa planetaria”: segnala che poche migliaia di anni fa, in quella zona del cielo, una stella che, nella sua gioventù, doveva apparire abbastanza simile al nostro Sole, ha tirato le cuoia emettendo, col suo ultimo respiro, proprio quello sbuffo anulare di fumo. In realtà non è un anello vero e proprio; si tratta di un guscio sferico o quasi attorno alla stellina centrale, più o meno come la buccia di un'arancia priva della polpa interna.

Se è così, perché la nebulosa planetaria appare come un anello e non come una sfera? Semplice: provate a guardare attraverso un guscio sferico di vetro, abbastanza spesso da essere quasi trasparente ma non del tutto. Una lampadina a incandescenza è troppo sottile, meglio un vecchio fiasco. Verso i bordi del fiasco, lo sguardo incontra uno spessore di vetro molto maggiore che verso il centro; anziché vedere gli oggetti che si trovano al di là, si vedrà per l'appunto lo spessore di vetro e nient'altro. La stessa cosa accade col guscio di gas espulso dalla stellina morta di cui stiamo parlando. E, poiché in cielo ci sono tanti oggetti di questo genere, sarà bene ricordare

che, ogni volta che incontriamo un anello, probabilmente stiamo osservando un guscio più o meno sferico, di cui riusciamo a vedere solo i bordi.

Altra domanda: perché questo tipo di nebulosa si chiama “planetaria”? Ha qualcosa a che fare con i pianeti? No; è solo un ricordo storico, più o meno come la scala di magnitudini degli antichi. I primi cannocchiali dell’epoca di Galileo erano molto meno potenti di un attuale telescopio da astrofili; le nebulose planetarie apparivano come cerchi debolmente luminosi, ma non si riusciva a distinguere bene la loro struttura. Sembravano dischetti, come i pianeti del Sistema Solare i quali, a differenza delle stelle, anche con pochi ingrandimenti non comparivano più puntiformi, ma se ne distinguevano le dimensioni finite. Di qui la denominazione di “planetarie” per questi oggetti.

Ora abbandoniamo la Lira e cerchiamo qualcosa di più notevole nella costellazione di Ercole, che si trova a ovest, e cioè dall’altro lato rispetto al Cigno. Purtroppo, Ercole è una costellazione molto estesa, ma senza stelle brillanti a farci da guida. Le principali sono comprese tra la terza e la quarta mag, e sono dunque visibili a occhio nudo anche dal cielo cittadino, ma bisogna aguzzare un po’ lo sguardo. Per di più, data la grossa estensione della costellazione, nel campo del binocolo si vedono contemporaneamente non più di due o tre stelle brillanti, e bisogna avere pazienza per individuare gli allineamenti utili alla ricerca di oggetti interessanti.

Provate l’allineamento che suggerisco. Partendo dal centro della croce del Cigno, precisamente dalla stella γ (che è una delle più brillanti, e si trova all’incrocio tra l’asse testa-coda e l’asse corrispondente all’apertura alare), tracciate una retta fino a Vega e prolungatela di altrettanto oltre Vega. Vi troverete più o meno al centro di un quadrilatero di stelle di mag 3-4, che, con molta fantasia, rappresenta il busto dell’eroe Ercole. Soffermatevi sulle due stelle più occidentali di questo quadrilatero (la η e la ζ , nelle mappe celesti) e congiungetele con un segmento. Seguite lentamente col binocolo questo segmento partendo dalla η , che è quella più a Nord. Percorso solo un terzo della distanza che la separa dalla ζ vedrete una luminosità

diffusa di forma circolare che, se il cielo non è illuminato in modo eccessivo, mostrerà anche di essere più intensa al centro per sfumare ai bordi. È uno degli oggetti più interessanti del cielo: si tratta di un “ammasso globulare”, e in particolare di quello noto come **M13**. Un gruppo di qualche centinaio di migliaia di stelle, tenute assieme dalla forza di gravità reciproca fin dall’infanzia dell’universo. Altro che gli ammassi aperti di poche centinaia di stelle che abbiamo incontrato finora!

Ora riflettiamo. Se **M13** è composto da così tante stelle, ma si presenta come una debole macchiolina luminosa, deve certamente essere molto lontano da noi. E infatti questo è il primo oggetto astronomico che incontriamo al di fuori della nostra galassia. Non del tutto separato, dal momento che le orbita attorno proprio come la Luna attorno alla Terra, e ogni 100-200 milioni di anni si tuffa nel disco della Via Lattea, lo attraversa e ne esce dall’altra parte per allontanarsene, riavvicinarsi e così via in un moto che non avrà mai fine o quasi ... Nell’universo, prima o poi tutto avrà una fine, ma ci vorrà ancora così tanto tempo, che neanche ci interessa.

La nostra galassia ha qualche centinaio di satelliti sul tipo di **M13**; alcuni più grandi e altri più piccoli. Si sono formati tutti mentre la galassia stessa stava nascendo da una immensa nube di gas, e la loro posizione, molto al di fuori del disco, mantiene memoria della forma della nube a quell’epoca: una distribuzione di gas quasi sferica, o comunque molto più gonfia dell’attuale, almeno secondo un modello estremamente semplificato e rudimentale dell’evoluzione delle galassie nel tempo.

Gli ammassi globulari sono importanti poiché, come tutti i fossili, consentono una datazione. Dalle loro caratteristiche, dal tipo di stelle che li abitano e così via, veniamo a sapere che la loro origine ha avuto luogo tra 10 e 12 miliardi di anni fa, e che, quindi, l’età dell’universo è probabilmente dell’ordine di 13 miliardi di anni (bisogna attendere almeno un miliardo di anni tra l’istante di nascita dell’universo e il momento in cui si sono potuti formare gli ammassi globulari più antichi). Questo dato è confermato con straordinaria precisione da osservazioni di diverso tipo, che fissano a circa 13,7 miliardi di anni fa il Big Bang da cui uscì l’universo che conosciamo.

Nella costellazione di Ercole c'è un altro ammasso globulare visibile col binocolo: si tratta di **M92**, più lontano da noi di **M13**, ma di uguale luminosità apparente, e quindi meglio visibile, poiché la sua luce appare sparpagliata su un'area più piccola. Per trovarlo bisogna tracciare un segmento ideale attraverso le altre due stelle (la ϵ e la π) del busto di Ercole, e prolungare questo segmento di altrettanto verso Nord. Non esattamente nel punto in cui termina questo segmento, ma appena un po' a Ovest, in una zona che il campo abbastanza ampio del binocolo dovrebbe comunque consentire di individuare facilmente, c'è appunto **M92**, che è forse il più vecchio, o almeno uno dei più vecchi, tra questi oggetti.

Una curiosità: è probabile che le stelle di **M92** abbiano pianeti somiglianti a Giove (giganti gassosi), ma è più difficile che ne abbiano di tipo terrestre, e cioè di roccia solida. Questo, perché gli elementi di cui è costituita la Terra (Silicio, Carbonio, Ossigeno, Magnesio, Ferro e altri) sono molto deficitari negli ammassi globulari più vecchi. In **M92**, per esempio, questi elementi sono presenti con un'abbondanza che è meno di un centesimo di quella che riscontriamo nel Sole. Questi agglomerati di stelle si sono formati in tempi così remoti, che ben poche supernove avevano avuto il tempo di esplodere, e di rigurgitare nella materia interstellare il loro contenuto arricchito di elementi di tipo terrestre. Rispetto al Sole e alle altre stelle più giovani, conservano quindi una memoria molto più precisa della composizione chimica originale della materia nei primi tempi dopo il Big Bang. Anche da questo punto di vista, dunque, essi rappresentano dei veri e propri fossili.

Diversi anni fa, da uno dei più grandi radiotelescopi terrestri, quello di Arecibo, fu lanciata in direzione di un ammasso globulare una trasmissione radio di enorme potenza, contenente molte informazioni (incluso un codice necessario a interpretare la trasmissione stessa, nel caso in cui fosse stata intercettata da una intelligenza aliena) riguardanti la Terra e i suoi abitanti. Fu scelto un ammasso globulare, considerando che, in tal modo, l'energia, concentrata in un fascio ristretto, avrebbe avuto per bersaglio decine di migliaia di stelle, aumentando di molto la probabilità di incontrare

un pianeta abitato da esseri intelligenti. Si trattò di un gesto di carattere promozionale piuttosto che scientifico. Infatti, a parte il dettaglio trascurabile dei 30 mila anni che dovremmo attendere per ricevere un'eventuale risposta, abbiamo appena detto che un ammasso globulare è proprio il posto meno indicato per cercare eventuali pianeti di tipo terrestre.

Lasciamo Ercole per tornare nel Cigno, e nell'immensa ricchezza della Via Lattea in questa costellazione. Ora proveremo a soffermarci su un'area in particolare, anche se dai cieli cittadini troppo illuminati sarà difficile far emergere gli oggetti che cerchiamo: essi sono infatti di per sé poco luminosi, sebbene di dimensioni molto ampie (ricoprono un'area celeste enormemente maggiore di quella ricoperta dal Sole, o dalla Luna piena) . In montagna ci sono migliori possibilità di riuscire a vederli. Mi riferisco alle due nebulose diffuse "Nord America" e "Pellicano". Puntate nuovamente su Deneb e spostatevi di pochi gradi (sei o sette) verso est. C'è una stella di quarta mag (ξ , sulle cartine celesti) che potrete immaginare come parte di un ciuffo di penne nella coda del Cigno. Tra Deneb e ξ , vicinissima a quest'ultima, c'è una zona di cielo molto ricca di stelle deboli, che all'osservazione accurata, si mostra un po' più luminosa del cielo circostante. Non pretendo che riconosciate la forma del continente Nordamericano, con tanto di penisola del Labrador, Alaska, Florida e Golfo del Messico, come appare questa enorme nebulosa nelle fotografie astronomiche a lunga posa, ma almeno si dovrebbe intravedere un minimo di luce diffusa che verso est, dopo una stellina di sesta magnitudine, si intensifica di nuovo nella più piccola nebulosa Pellicano.

Se guardate verso le altre due piume della coda del Cigno più o meno alla stessa distanza di ξ , ma dal lato opposto rispetto a Deneb, vi trovate in una zona di cielo dove un grosso telescopio (niente da fare col binocolo: stavolta dovete credermi sulla parola) mostrerà lunghi filamenti luminosi. Si tratta sempre di nubi di gas, ma dall'origine e dalla forma un po' peculiari. Qualche decina di migliaia di anni fa è esplosa, in quella zona del cielo, una stella di grande massa, una supernova, che ha

scagliato all'intorno i suoi strati più esterni, arricchiti di elementi diversi dall'Idrogeno ed Elio (e cioè gli elementi di tipo terrestre, come abbiamo visto poco fa). Questi strati, piuttosto densi e dotati di grande velocità, stanno via via spazzando e accumulando la polvere e il gas interstellare che incontrano nel loro cammino, viaggiando alla velocità incredibile di 10.000 km/s. Quando avranno rallentato e accumulato abbastanza materia, dalla nuova nebulosa che ne deriverà si formeranno nuove stelle, più ricche in Ferro, Silicio, ecc.

Purtroppo i dettagli minuti di questi filamenti sono troppo poco luminosi per riuscire a vederli anche mettendo l'occhio al telescopio. Per farli emergere bisognerebbe fotografarli con una normale pellicola o con una CCD con una lunga posa. Tanto vale contentarsi del binocolo, e rivolgerlo altrove. E non crucciatevi troppo se non siete riusciti a distinguere la Nord America. Prometto che il prossimo inverno vi mostrerò una nebulosa analoga, ma molto più bella e brillante, al punto da potersi distinguere a occhio nudo!

Se invece siete proprio curiosi, potete divertirvi a cercare, cinque o sei gradi a sud della ξ , vicino a due stelline di mag 4-5, la stella doppia 61 del Cigno, di mag 5,5. Cos'ha di particolare? Quasi nulla, tranne per il fatto di essere la terza stella più vicina al Sole dopo il sistema di α del Centauro (che non si vede dalle nostre latitudini) e la stella di Barnard (molto debole, per individuare la quale occorre almeno un piccolo telescopio con montatura equatoriale, e cerchi graduati per impostare le coordinate celesti), a circa sei anni luce di distanza da noi. Non che sia uno spettacolo di particolare interesse; non conoscendo questa sua peculiarità, resta un puntino luminoso tra tanti.

Lasciate il Cigno, attraversate l'Aquila che, essendo anch'essa sul piano galattico, è pure ricchissima di oggetti astronomici interessanti, ma un po' troppo deboli per il vostro binocolo, e avventuratevi nel Sagittario. Anche in questa costellazione, come già in Ercole, la maggior parte delle stelle più brillanti si trova tra la terza e la quarta mag. È quindi un po' difficile riconoscere a prima vista geometrie

chiare. Vale però la pena di fare uno sforzo, perché in questa zona del cielo si trovano oggetti spettacolari, e visibili anche col binocolo.

Bisogna in primo luogo individuare le due stelle più brillanti del Sagittario, che si trovano entrambe piuttosto a sud. Le cartine celesti vi aiuteranno a riconoscere la stella Kaus Australe (mag 1,8) e, una decina di gradi a Nord-Est, la stella Nunki (mag 2,1). Ora, con grande pazienza e approfittando di una notte particolarmente serena durante la quale il Sagittario sia il più alto possibile nel cielo (resta sempre piuttosto basso, e se c'è foschia non si vede nulla), dovrete incrociare lentamente nella zona di cielo tra queste due stelle, tenendovi possibilmente un po' verso Est. Ci sono quattro ammassi globulari visti dall'astronomo Messier, che dovrebbero quindi essere visibili anche col binocolo, pur se non sono molto luminosi.

Il più grande e bell'ammasso globulare di Sagittario, **M55**, necessita di una ricerca più accurata. Può essere piacevole scorrazzare in cielo seguendo l'allineamento che propongo. Sempre prendendo come base Kaus Australe e Nunki, poco a Sud-Est di quest'ultima troverete un'altra stella abbastanza brillante, Ascella (2,7 mag), che, con le altre due viste prima, forma il terzetto più brillante della costellazione. Puntate su Ascella e cominciate a spostarvi verso Est. Dopo circa 12 gradi troverete **M55**. Purtroppo, 12 gradi sono tanti, è difficile ruotare lo strumento esattamente verso Est senza andare alla deriva, un po' a Nord o a Sud, e non ci sono allineamenti di stelle ben evidenti che puntino proprio su questo ammasso. D'altra parte, il campo celeste visibile nel binocolo è di qualche grado, e la pazienza nella ricerca sarà ricompensata.

Altri due oggetti vale la pena di cercare in Sagittario: due nebulose diffuse dove nascono stelle in quantità, e che sono un po' più luminose di quelle cercate, ma forse non trovate, in Cigno: **M8** e **M20** definite anche, rispettivamente, "Laguna" e "Trifida". La più piccola, ma anche la più brillante, è proprio quest'ultima. Sono così vicine tra loro che, nel campo del binocolo si possono vedere contemporaneamente. Per fortuna, si trovano qualche grado più a Nord degli ammassi globulari cercati

prima; quindi sono più alte sull'orizzonte, e meglio visibili.

Bisogna individuare, prima sulla cartina e poi col binocolo, la stella μ che, purtroppo, è solo di mag 4, e quindi non molto brillante. Posso dirvi solo che si trova quasi 15 gradi a Nord di Kaus Australe, ma non ci sono allineamenti di stelle luminose per aiutare a trovarla. Immagino comunque che, a questo punto, abbiate fatto abbastanza pratica col binocolo, per aver scoperto che questo modesto strumento semplifica enormemente la ricerca delle stelle, anche delle più deboli riportate sulla cartina: quindi non scoraggiatevi!

Puntata la μ , spostatevi di poco a Sud-Ovest: un paio di gradi, che vuol dire circa quattro volte il diametro della Luna piena. Dovreste essere proprio sulla nebulosa Trifida, che prende questo nome per il fatto di mostrarsi trilobata in una bella foto astronomica a lunga posa. Le zone più scure che separano i tre lobi non sono quelle dove non c'è materia nebulare, anzi! Sono scure perché troppo dense, e proprio lì stanno nascendo nuove stelle, che non riusciamo a vedere ancora per via dello schermo di gas e polvere.

La nostra ultima puntata nel cielo estivo sarà nello Scorpione che, purtroppo, è ancor più basso sull'orizzonte del Sagittario. Ma, appena un grado a Ovest di Antares, e quindi in una zona facilmente identificabile, si trova un altro dei gioielli del cielo: l'ammasso globulare **M4**, molto grande e luminoso. Sfortunatamente, oltre a essere basso in cielo, è anche vicinissimo a una stella di prima grandezza, che può disturbare l'osservazione. Un piccolo trucco del mestiere (che non fa miracoli, ma è meglio di niente) è quello di spostare il binocolo finché Antares non esca pelo pelo dal campo di vista. A quel punto, guardando vicino al bordo del campo verso la direzione da cui è uscita Antares, e aspettando un minuto per far allargare la pupilla (anche le stelle più brillanti, viste al binocolo, causano un piccolo restringimento), si dovrebbe vedere bene **M4**, di cui si distingue pure il nucleo più luminoso dalla corona più debole. *Et de hoc, satis!* come dicevano gli antichi. Su questo, basta! Del resto, insisto nel dire che, in un bel cielo estivo di montagna, la semplice

osservazione a occhio nudo della Via Lattea e delle sue morfologie (zone più chiare e scure, insenature e promontori, sdoppiamenti e ricongiungimenti, e quant'altro si possa immaginare) è forse il più bello spettacolo astronomico che si possa immaginare, almeno sul piano estetico. E aggiungo una nota personale. A mio avviso, l'impossibilità, a causa dell'inquinamento luminoso, di vedere direttamente un cielo ricco di stelle brillanti, ci ha tolto qualcosa anche sul piano spirituale, o come vogliate chiamarlo: la percezione palpabile del nostro posto nell'universo. Che è piuttosto misero.

Il cielo autunnale

Per l'astrofilo, il cielo autunnale, come quello primaverile, non è ricco come il cielo estivo o invernale. Il brillante triangolo Vega-Deneb-Altair declina a occidente, mentre la fauna lussureggiante del cielo invernale fa capolino a Est solo a tarda notte, anche se c'è comunque qualcosa molto interessante da vedere.

Anzitutto, potrete togliervi la soddisfazione di individuare la più vicina e luminosa nebulosa planetaria, e forse sarà l'unica che riuscirete a vedere col binocolo. Poi troverete la galassia di Andromeda, sorella maggiore (di poco) della Via Lattea, che in buone condizioni di cielo si riesce a intravedere perfino a occhio nudo. Ma cominciamo con qualcos'altro, ossia con una stella un po' particolare che, assieme a tutte le altre della sua famiglia, è di enorme aiuto agli astronomi: una "cefeide", anzi, *la* cefeide per antonomasia.

In primo luogo un po' di orientamento. In questa stagione, è Cassiopea che ci guida, poiché si trova alta sulla nostra testa. Due delle sue stelle più brillanti (anche se non sempre, perché sono un po' variabili) sono la δ e la γ , che identificherete su una cartina. Tracciate ora un segmento dalla prima alla seconda, e prolungatelo di circa quattro volte verso ovest. Andrete a cadere sulla stella δ di un'altra costellazione, il Cefeo. Non si tratta di una stella brillante, poiché la sua luminosità varia, nell'intervallo di circa cinque giorni, tra la quarta e la quinta magnitudine. Si riconosce però facilmente al binocolo, dal momento che a ovest, molto vicine, ci sono tre stelle disposte ad arco di cerchio, di cui δ rappresenta il centro. Non appare dunque rimarchevole all'osservazione, ma è un caposaldo dell'astronomia.

La sua caratteristica è di essere intrinsecamente molto brillante (si trova a più di 1000 anni luce di distanza da noi) e di andare soggetta a oscillazioni di luminosità regolari. All'inizio del '900, una famosa astronoma, Henrietta Leavitt, si rese conto che tutte le stelle dello stesso tipo di δ del Cefeo hanno l'abitudine di pulsare con

periodi diversi l'una dall'altra e che, per certi meccanismi fisici che sono stati ben compresi solo di recente, esiste una correlazione precisa tra il loro periodo di pulsazione e la loro luminosità intrinseca. Questa non è una caratteristica da poco, e vale la pena di saperne di più.

Come si fa a misurare la distanza delle stelle? Per le più vicine, osservazioni molto precise consentono di notare che, nell'intervallo di sei mesi, esse sembrano cambiare leggermente posizione sulla volta celeste rispetto alle stelle più lontane. Ciò è dovuto al fatto che la Terra, percorrendo la sua orbita attorno al Sole, si trova ogni sei mesi ai due estremi opposti del suo cammino, per cui le stelle più vicine si vedono da una prospettiva un po' diversa. L'effetto è definito "parallasse". Misurando le due prospettive diverse sotto cui vediamo una certa stella, e conoscendo il diametro dell'orbita terrestre, con un po' di trigonometria riusciamo a calcolarne la distanza. Ricordate il "parsec"? Come già vi avevo accennato, è la distanza dalla quale l'angolo di parallasse ("par") dell'orbita terrestre è pari a un secondo ("sec") d'arco. Anche la stella più vicina, però, ha una parallasse molto piccola, e solo con i telescopi spaziali si riescono a misurare in questo modo le distanze di stelle fino ad alcune centinaia di anni luce di distanza. Il satellite GAIA dovrebbe riuscire – pensate! – a mappare l'intera galassia, misurando parallassi di stelle distanti anche 100.000 anni luce. Ma più lontano non possiamo arrivare con misure dirette, almeno per ora. Esistono, allora, metodi indiretti: supponiamo di conoscere (per ora non importa come) quale sia la luminosità intrinseca di una stella. Osservando la sua luminosità apparente, una semplice legge matematica, che mette in relazione quanto diminuisce la luminosità all'aumentare della distanza, consentirà di calcolare, per l'appunto, la distanza di quella stella. Le cefeidi capitano a puntino: sono molto luminose, e quindi, specialmente con un buon telescopio, riusciamo a vederle anche a distanze enormi. Dopodiché, è sufficiente misurare la loro luminosità apparente per qualche settimana di seguito per conoscere il loro periodo di pulsazione. Fatto questo, si determina la loro luminosità assoluta dalla correlazione tra periodo e luminosità, ed

ecco che possiamo calcolare la loro distanza. Se ciò servisse solo a sapere quanto sono lontane le cefeidi, sarebbe ben poca cosa, ma queste stelle sono così brillanti che si riescono a vedere anche in galassie diverse dalla Via Lattea, e rappresentano quindi i fari (“candele standard” le definiscono gli astronomi) che permettono di determinare le distanze delle galassie e, in progressione che qui non spiegheremo, di tutto l’universo. Rispettiamo dunque la δ del Cefeo anche se, a guardarla, non ci pare un gran che.

Torniamo su Cassiopea per far vela verso un altro oggetto che, proprio grazie alle sue cefeidi, sappiamo essere molto distante: nientemeno 2,5 milioni di anni luce. Parlo della galassia di Andromeda, meglio conosciuta come **M31**. Abbiamo già detto che Cassiopea si presenta come una W. Soffermatevi sulla V più brillante, e immaginate che rappresenti la punta di una freccia. Seguite verso Sud la direzione che essa indica. La prima stella abbastanza brillante che incontrate non è vicinissima, trovandosi a circa venti gradi di distanza, ma è ugualmente facile da individuare, poiché è quella centrale di un gruppo di tre stelle allineate tra loro, e tutte di mag 2, quindi piuttosto ben visibili, disposte quasi ortogonalmente alla direzione della freccia di Cassiopea. Da Ovest verso Est queste stelle sono la α , la β (quella che cerchiamo) e la γ della costellazione di Andromeda.

Attenzione ora. Facendo centro col binocolo su β , cominciate a tornare lentamente indietro verso Cassiopea. Vicino a β c’è una stellina di mag 4 (μ) e proseguendo di altrettanto sulla direttrice β - μ , vi troverete al centro di una macchia luminosa lattescente che, col cielo abbastanza buio, riempirà completamente il campo del binocolo. È la galassia di Andromeda, un po’ più grande della Via Lattea, anche se alcune misure recenti dicono che se la battono.

Andromeda non è la galassia più vicina a noi; le due Nubi di Magellano, visibili dall’emisfero australe, sono galassie anch’esse e, benché assai più piccole della nostra, appaiono molto brillanti, essendo abbastanza vicine. Tra l’altro sono “satelliti” della Via Lattea un po’ come gli ammassi globulari, poiché sono gravitazionalmente

legate. Oltre a loro, una dozzina di altre piccole galassie circondano la nostra, ma **M31** è di gran lunga la più grande di questo gruppo, pur essendo la più lontana. Disponendo di un piccolo telescopio, bisogna osservarla con il minor numero di ingrandimenti possibile, e si distinguerà il nucleo, ovale e molto luminoso, dal disco, sempre ovale ma molto più debole. Ricordate quanto è enorme il numero di stelle che state guardando contemporaneamente, e pensate che forse, in questo stesso momento (o meglio, due milioni e mezzo di anni fa, poiché allora è partita la luce che vedete ora) qualcuno, da **M31**, sta osservando la Via Lattea col suo binocolo, chiedendosi se laggiù c'è qualcuno...

Sovrapposta a **M31** c'è un'altra piccola macchia luminosa, debole e poco visibile. Si tratta di una galassia neanche troppo piccola (**M32**), satellite di **M31** così come le Nubi di Magellano sono satelliti della Via Lattea. E sono già due galassie che abbiamo trovato.

M31 si vede un po' di taglio; non troppo distante c'è ancora una terza galassia molto meno brillante, che quindi consiglio di cercare solo se il cielo è eccellente, e si distinguono a occhio nudo almeno stelle di quinta magnitudine. La galassia è **M33** nella costellazione del Triangolo, e si vede proprio di faccia. Una buona fotografia mostra, infatti, sia il nucleo, sia i bracci di spirale; è un po' come se vedessimo la nostra galassia dall'alto anche se, a differenza di **M31**, **M33** è decisamente più piccola della Via Lattea. Per trovare la costellazione del Triangolo prendete come riferimento le due stelle β e γ di Andromeda, e spostatevi dal lato opposto, verso Sud-Est, rispetto a **M31**. Incontrerete un triangolo rettangolo molto allungato di stelle tra la terza e la quarta magnitudine. Puntate la stella al vertice di questo triangolo, la più lontana dalle altre due, e spostatevi di circa cinque gradi (dieci volte il diametro della Luna piena) verso Ovest. La ricerca può richiedere un po' di pazienza, poiché l'oggetto cercato non è molto brillante, ma alla fine troverete qualcosa che può essere scambiato per un ammasso globulare. Non lo è; si tratta della galassia **M33**, che esaurisce l'elenco delle galassie visibili con un binocolo.

Ma vi avevo promesso una bella nebulosa planetaria. Tornate sulla α di Andromeda. Guardando (senza binocolo, per il momento) in direzione opposta a **M31**, noterete che questa stella fa parte di un quadrato molto ampio di stelle piuttosto brillanti, più o meno tutte di mag 2,5. È il quadrato di Pegaso, il cavallo alato, anche se i motivi di questa identificazione mi sono sempre rimasti molto oscuri. In Pegaso c'è un bell'ammasso globulare (**M15**), ma suppongo che ormai ne abbiate visti abbastanza, e vi interessi di più la nebulosa planetaria. Soffermatevi dunque sulle due stelle più occidentali del quadrato di Pegaso, che sono allineate quasi esattamente Nord-Sud. Prolungate l'allineamento verso Sud per una distanza uguale, e cadrete su una stella un po' debole, di mag 4,5, che fa parte della costellazione dei Pesci. Seguitando ancora verso sud per un tratto equivalente troverete, leggermente spostata a Ovest, la stella λ della costellazione dell'Acquario, che dovrebbe potersi individuare facilmente, essendo un po' più brillante della quarta magnitudine. Pazienza, perché la ricerca di questa nebulosa non è facilissima; trovata la prima volta la ritroverete puntandola a colpo sicuro, ma per ora continuate a seguire le istruzioni.

Siete sulla λ dell'Acquario. Proseguite verso Sud per altri sette-otto gradi (cominciate ad avvicinarvi un po' all'orizzonte) e incontrerete la δ dell'Acquario, che è relativamente brillante (mag 3,5). Siete in zona: attenzione a non perdervi proprio ora, poiché non ci sono altre stelle brillanti a guidarvi. Visualizzate un segmento di lunghezza pari alla distanza tra la λ e la δ dell'Acquario e, prendendo come riferimento quest'ultima, spostatevi di una distanza equivalente verso Sud-Ovest. Siete sulla nebulosa planetaria Helix (o dovrete esserci). Se il cielo è buono, al binocolo si distingue un piccolo anello di fumo luminoso. Ci vorrebbe, invece, un telescopio molto più potente per distinguere la stellina al centro di questo anello, quella che lo ha espulso circa diecimila anni fa. Nel frattempo, infatti, la stellina si è molto raffreddata, e oggi è appena di tredicesima magnitudine; sta iniziando la sua vita (per modo di dire) come nana bianca, per poi spegnersi del tutto tra diversi miliardi di anni.

Garantisco che, col binocolo, la nebulosa è visibile. Se non l'avete trovata, riprovate a seguire gli allineamenti aiutandovi con le cartine celesti, ma non fatevela scappare. Come pure potreste tentare l'ammasso globulare **M2**, sempre in Acquario, che è piuttosto brillante. Circa venti gradi ad Ovest di λ dell'Acquario si trova la stella più luminosa di questa costellazione, la β di terza mag che è facile da individuare, perché nei dintorni non ci sono altre stelle brillanti. Puntando il binocolo sulla β , spostatevi verso Nord di pochi gradi, ed ecco **M2**.

L'ultima curiosità del cielo autunnale di cui voglio parlarvi è la stella Mira, nella costellazione della Balena (o Cetus). Per trovare quest'ultima non c'è allineamento locale che tenga, perché qualche volta la stella c'è ed è la più brillante (mag 2) della costellazione, altre volte, invece, non si vede neanche con un piccolo telescopio (mag 10). Cercate su una cartina celeste un allineamento a larga scala, che parte dalla stella Aldebaran, nella costellazione del Toro, di cui tratteremo meglio parlando del cielo invernale, e finisce proprio su Mira. O individuerete una stella molto brillante che, al binocolo, apparirà di colore decisamente rosso, o non ci sarà nulla, e allora dovrete riprovare la primavera prossima in prima serata, poco prima che la Balena tramonti, poiché il periodo di variabilità di questa stella è di 332 giorni, e quindi impiega circa sei mesi per passare dalla minima alla massima luminosità.

Nel capitolo riguardante la vita delle stelle, ho già raccontato qualcosa su questi strani oggetti. Vi ricordo ora di cosa si tratta. Mira è una stella che, ai tempi della sua giovinezza, mentre trasformava Idrogeno in Elio nelle zone centrali, era un po' più brillante del Sole (e cioè la sua massa era superiore a quella solare), ma non in maniera spropositata, per cui il destino di Mira ci prefigura quello del Sole tra circa cinque miliardi di anni. Mira è composta da una incipiente nana bianca di Carbonio e Ossigeno, che già si cela all'interno di un enorme, ma tenuissimo, involucro di gas e plasma. La stella, ormai in agonia, rantola con fatica. È circondata da una parvenza di vita, proprio l'involucro ampio forse 2000 volte il raggio solare, cosicché, se questa stella venisse messa al posto della nostra, inghiottirebbe Mercurio, Venere, la Terra e

persino Marte. Si espande e si contrae ritmicamente negli ultimi respiri affannosi. Alla base dell'involucro, dove avviene la transizione con la superficie della nana bianca, Idrogeno ed Elio ancora bruciano furiosamente a fasi alterne, a singhiozzo, fornendo un po' di belletto alla nana bianca. Questo processo non è destinato a durare a lungo: su un tempo enorme se confrontato con la vita umana, ma brevissimo per la vita delle stelle (100 mila anni circa) , il tenue involucro pulsante di Mira, durante un respiro più affannoso degli altri, raggiungerà il massimo della sua espansione, e non potrà più contrarsi una volta ancora. Seguirà a espandersi, lasciando a nudo la nana bianca che, a quel punto, morirà secondo le proprie modalità, mentre attorno a lei si formerà una nuova nebulosa planetaria.

Gli astrofili dell'epoca, se ce ne saranno ancora, potranno ammirare uno di questi oggetti al massimo del suo splendore, piuttosto vicino alla Terra. Per di più, la nana bianca centrale continuerà a risplendere, ben visibile, per un'altra decina di migliaia di anni. E, come Mira, morirà anche il nostro Sole, benché dubito che, tra cinque miliardi di anni, ci saranno ancora astrofili a occuparsene.

Non segnalo altri oggetti in particolare. Come al solito, scorrazzando col binocolo, è probabile che troviate voi stessi qualcosa di bello e interessante.

Il cielo invernale

Nel cielo invernale, specie con l'aiuto della tramontana che spazza nubi e foschia, non bisogna fare fatica a orientarsi. Basta guardare verso Sud e il cacciatore celeste, Orione, indica la strada.

Ignorate pure, in prima istanza, ogni cartina celeste, e salite direttamente in terrazza col binocolo, e vestiti molto pesante; il gigante Orione, dalla cintura composta di tre stelle brillanti, vicine e allineate, occupa una grossa fetta di cielo, e contiene astri tanto luminosi da saltare subito all'occhio. E se non bastasse Orione, il suo fedele cane da caccia attira la nostra attenzione con la stella più brillante del cielo, Sirio (mag -1,47), proprio sul prolungamento Sud-Est della cintura.

Cominciamo a esplorare Orione. La spalla sinistra del cacciatore, cioè la stella molto brillante a Nord-Est, è Betelgeuse, di mag circa 0,6. Appare di colore rosso già a occhio nudo; col binocolo è di un rosso acceso inconfondibile. Questa stella potrebbe un giorno causarci dei grattacapi. Vediamo come.

Per quel che dice la teoria dell'evoluzione stellare, Betelgeuse è una stella molto più grande del Sole non solo come luminosità (anche Mira lo è), ma pure come massa. Ed è anch'essa prossima a morire. Solo che, a differenza di Mira, il suo ultimo respiro sarà più spettacolare. Esploderà come una supernova, e l'evento non dovrebbe essere lontano, neppure su scala temporale umana. Sappiamo, infatti, che Betelgeuse sta bruciando Carbonio al centro, che questa fase non può durare più di 8 - 10 mila anni al massimo. D'altronde, in base a cronache egizie e babilonesi, sappiamo che già 5 mila anni fa Betelgeuse aveva l'apparenza di oggi. Dunque, fin d'allora bruciava Carbonio. Potrebbe scoppiare tra mille anni come stanotte (nel senso che, trovandosi a 600 anni luce di distanza da noi, magari è esplosa 600 anni fa, e stanotte la sua luce verrà a comunicarci la sorpresa).

Non capiterà, ma se dovesse scoppiare, badate bene: non vi venisse in mente di

guardarla col binocolo! Resterà sempre puntiforme, tranne che per i telescopi più potenti, i quali già riescono a risolvere il suo disco, ma per qualche settimana sarà più luminosa della Luna piena. Il rischio è il distacco della retina, come vedremo più avanti parlando dell'osservazione del Sole. E non è escluso che, nei primi giorni dopo l'esplosione, la Protezione Civile raccomandi di non esporsi alla sua luce, e anzi di nascondersi in cantina come in tempo di guerra. Gli astronomi non ne sono ancora certi, e ulteriori calcoli potrebbero cambiare le opinioni in merito, ma è verosimile che, assieme alla luce visibile, Betelgeuse morente possa spedirci anche pacchetti di radiazioni pericolose, che l'atmosfera terrestre non sarebbe in grado di filtrare abbastanza, o che, peggio ancora, interagendo coll'atmosfera potrebbero far giungere fino al suolo sciami di particelle subatomiche di grande energia, nocive per la nostra salute. Sarà una specie di Chernobyl su scala cosmica: un disastro nucleare a 600 anni luce di distanza, di proporzioni tali da poterci impensierire.

Non voglio spaventare nessuno; non credo che l'esplosione di Betelgeuse, quando che sia, causerà danni gravi alla Terra. È però vero che numerosi paleontologi ritengono probabile che alcune delle estinzioni in massa della vita, che si sono succedute nel passato a intervalli di alcune decine di milioni di anni, siano da addebitarsi alle radiazioni di supernove esplose in vicinanza del Sole. Non l'estinzione dei dinosauri, che sembra ormai certo doversi attribuire a un altro brutto scherzo proveniente dal cielo: la caduta di un grosso meteorite. Comunque, questa ipotesi delle estinzioni dovute a supernove è solo una possibilità, e non una certezza.

Da Betelgeuse, attraversando le tre stelle della cintura dai nomi esotici di Mintaka, Alnilam e Alnitak, spostiamoci verso il lembo destro della tunica del cacciatore, ovvero sulla stella più brillante a Sud-Ovest: Rigel (mag 0,18). È di un bel bianco abbagliante, ed essendo così luminosa pur trovandosi a circa 800 anni luce di distanza, dobbiamo dedurre che è un vero e proprio mostro celeste. Anch'essa, dunque, è destinata a una brutta fine come Betelgeuse, anzi addirittura più spettacolare, ma tranquillizziamoci: Rigel sta ancora bruciando l'Elío nel centro, e

bisognerà attendere qualche milione di anni prima che accenda i fuochi d'artificio.

Zigzaghiamo ancora per Orione e torniamo verso Nord, sulla spalla destra del cacciatore. La stella in questa posizione è Bellatrix, un nome greco tra tanti arabi. È perfino più bianca di Rigel, così bianca che comincia a mostrare qualche riflesso azzurrino. Sono poche le stelle così calde e brillanti; ancora più evidente dovrebbe essere l'azzurro nella luce di Mintaka, la stella in alto a destra (a Nord-Ovest) nella cintura.

Rigel, Bellatrix, la stella al bordo inferiore sinistro della veste di Orione, la più brillante del gruppetto che forma la testa del gigante, le tre della cintura e altre ancora, specialmente sotto la cintura stessa, si trovano quasi tutte più o meno alla stessa distanza da noi (circa 800 anni luce), e sono nate da una grossa nube di gas, spazzata qualche milione di anni fa da un'onda di compressione che ha generato questo gioiello del cielo. Al suo interno si proietta un'altra, importantissima zona di formazione stellare, la più vicina a noi (a soli 1.300 anni luce di distanza), che ora andiamo a identificare: è abbastanza densa e luminosa da essere una delle principali meraviglie accessibili al binocolo; forse la principale in assoluto.

Un cacciatore, oltre all'arco, ben visibile a occidente di Bellatrix, ma di cui non ci occuperemo, porta la spada, o almeno un pugnale. Il fodero pende, ovviamente dalla cintura. Puntate dunque il binocolo sulla stella centrale della cintura, e spostatevi verso Sud, in una zona che anche a occhio nudo appare abbastanza popolata. Più o meno al centro del triangolo formato dalla stella da cui siete partiti, e dalle due che delimitano il bordo inferiore del mantello (Rigel e Saiph) la situazione sembra farsi confusa. Si distinguono almeno tre o quattro stelle piuttosto brillanti allineate da Nord verso Sud ma, arrivati al limite Sud, non si capisce bene se la luminosità provenga da stelle, o sia un po' diffusa in un'area di cielo abbastanza vasta. Sono vere tutte e due le cose. Se riuscirete a tenere il binocolo ben fermo, noterete un gruppo consistente di stelle, molto vicine le une alle altre le quali, pur senza formare un vero e proprio ammasso aperto, formano almeno una

“associazione”: nome dato a gruppi radi di stelle giovani, nate nello stesso luogo, destinate ad allontanarsi le une dalle altre e a disperdersi in pochi milioni di anni. Ma, oltre alle stelle, c'è un velo luminoso ben distinguibile, più intenso verso il bordo meridionale, e che sfuma via via nel buio a settentrione. È la famosa nebulosa **M42**, la più brillante visibile dalle nostre latitudini.

M42 è, per l'appunto, a circa 1.300 anni luce di distanza da noi, e l'osservazione telescopica (il binocolo non basta) mostra al suo interno un'infinità di dettagli. Filamenti, nuclei di condensazione al centro dei quali comincia a intravedersi la fioca luce rossa di stelle neonate, anzi in embrione, e anelli, dischi scuri attorno a queste ultime. Questi anelli, nascondono in parte la stella che nasce al loro centro, e forniscono un'idea abbastanza precisa di come doveva presentarsi il nostro Sistema Solare poco meno di cinque miliardi di anni fa, quando al centro si formava il Sole, e la materia nelle parti esterne dell'anello vorticava, e si addensava formando i pianeti. Dunque, queste osservazioni ci assicurano che la formazione di pianeti è un fenomeno del tutto usuale, quando nascono le stelle. Godetevi **M42** e, se avete la possibilità di recarvi in alta montagna dove il cielo è molto scuro, osservatela anche a occhio nudo, poiché è visibilissima, e solo così si apprezzano le sue vere dimensioni.

Per gli astronomi, le stelle di Orione, come pure la nebulosa **M42**, rappresentano una pietra miliare della zona della galassia nei dintorni del Sole, delineandone uno dei bracci della spirale. E adesso abbandoniamo il gigante cacciatore per occuparci dei suoi cani da caccia. Di quello maggiore, Sirio, abbiamo già accennato. La sua stella più brillante è una nostra vicina di casa, trovandosi appena a nove anni luce da noi. È intrinsecamente più brillante del Sole, ma solo otto volte, non quanto Rigel; la sua luce è di un bel bianco sereno, anche se, stranamente, gli antichi la davano per rossastra. O, almeno, così si legge in alcuni codici, traduzioni dell'Almagesto di Tolomeo. Eppure, quest'ultimo se ne doveva intendere, poiché Sirio era un caposaldo del calendario degli Egizi: nei giorni in cui Sirio sorgeva all'orizzonte contemporaneamente al Sole, stava per giungere l'inondazione del Nilo. Il fatto che

Tolomeo, un astronomo di grande competenza – e non l'imbecille che alcuni sembrano credere, semplicemente perché il sistema tolemaico si è rivelato errato 14 secoli dopo la sua morte – abbia dato Sirio per stella rossa, ha un po' impensierito gli astronomi. Forse, sospetta qualcuno, analogamente al Sole anche Sirio può apparire rossa quando è prossima al tramonto e la sua luce attraversa grossi spessori d'aria. Ma, dal cielo limpido e meridionale di Alessandria d'Egitto ove Tolomeo lavorava (compilava, più che osservare in proprio), questo errore non si può commettere. Forse, qualche tardo copista medievale ha commesso un errore di trascrizione; è però possibile un'altra interpretazione.

Sirio ha, infatti, la caratteristica di essere una stella doppia, anche se appare tale solo all'osservazione telescopica, e con marchingegni disegnati apposta. La sua compagna è una nana bianca, completamente sommersa dalla luce della stella principale. Secondo alcune ipotesi, duemila anni fa questa nana bianca ebbe uno "spasmo muscolare *post mortem*", per usare un paragone un po' macabro. Un'accensione improvvisa del poco Elio residuo. Per qualche centinaio di anni, ciò la portò a gonfiarsi e tornare luminosa come una stella rossa gigante, al punto da offuscare, o almeno contaminare, la bianca luce della compagna. Ora, comunque, è tornata nei suoi ranghi, e si sta raffreddando normalmente.

Puntando il binocolo su Sirio, e scendendo di tre o quattro gradi verso Sud, si incontra un bell'ammasso aperto: **M41**. Ricordate sempre di far riposare un po' l'occhio, con Sirio fuori dal campo di vista, altrimenti l'ammasso vi apparirà come una macchia sbiadita.

Lasciate il Cane Maggiore per risalire verso Nord e attraversare rapidamente il Cane Minore. Soffermatevi solo sulla sua stella più brillante, Procione (mag 0,4) la quale è un'altra vicina di casa, a meno di 12 anni luce di distanza, e assieme a Sirio e Betelgeuse forma un bellissimo triangolo brillante, quello invernale ovviamente, che rivaleggia con quello estivo, anzi lo batte per luminosità, anche se è un po' basso sull'orizzonte. Da Procione, muovendovi verso Nord, senza bisogno di binocolo,

troverete Castore e Polluce, nella costellazione dei Gemelli. Un allineamento alternativo per individuarli è quello che parte da Rigel, fa rotta per Betelgeuse e seguita per un tratto equivalente; in ogni caso, i dioscuro sono due stelle abbastanza brillanti per conto loro (rispettivamente mag 1,6 e mag 1,2) da richiamare l'attenzione.

Anche Gemelli è una costellazione molto ricca, da percorrere lentamente col binocolo. Vi segnalo in particolare l'ammasso aperto **M35**, che potrete trovare facilmente se seguirete l'allineamento che vi propongo: tornate sulla cintura di Orione, e puntate in direzione opposta a Sirio, verso Nord-Ovest. Incontrerete Aldebaran, molto brillante (mag 0,8) nella costellazione del Toro, su cui torneremo tra poco. Allineate Aldebaran con Polluce, la più meridionale e brillante dei Gemelli. È un lungo segmento in cielo, a metà del quale si trova la stella η dei Gemelli, che marca il confine occidentale della costellazione. Puntatela col binocolo, e vicinissimo, verso Nord, comparirà anche l'ammasso **M35**. Sempre in zona, appena un grado a Ovest, ci sono altri due ammassi aperti più deboli che si vedono meglio con un piccolo telescopio. E poiché abbiamo parlato del Toro, tornate su Aldebaran, poiché vi state avvicinando ai due ammassi aperti più cospicui dell'intero cielo: le Iadi e le Pleiadi.

Basta guardare Aldebaran a occhio nudo per rendersi conto che, subito a Ovest di questa stella rossastra e molto brillante, il cielo è fittamente popolato. Il binocolo vi aiuterà a constatare che almeno una cinquantina di stelle si addensano nel campo di pochi gradi. Non sono brillantissime, andando dalla quarta mag in poi, ma resta il fatto che, neppure nella Via Lattea è possibile vedere contemporaneamente, nel campo del binocolo, tante stelle così luminose. Si tratta di un piccolo ammasso aperto, il più vicino a noi e che, per essere già risolto a occhio nudo in stelle individuali, non ha neppure ottenuto il beneficio di essere classificato da Messier come oggetto luminoso non identificato. Le Iadi si trovano a circa 150 anni luce di distanza e, contando anche le stelle osservabili solo al telescopio, sono alcune

centinaia. Si sono formate un po' meno di un miliardo di anni fa, e allora erano certamente più numerose. Sono importanti per gli astronomi, perché per molto tempo hanno rappresentato il primo gradino nella scala delle distanze cosmiche. Si trovano, infatti, così vicine al Sole che, con molta pazienza e lavorando al limite delle possibilità degli strumenti terrestri (cioè al disotto dell'atmosfera), è stato possibile già da molti decenni misurare con una certa precisione la loro parallasse, che oggi conosciamo con eccellente approssimazione grazie alle osservazioni da satellite. Conoscendone, perciò, la luminosità apparente, si può risalire a quella intrinseca o assoluta, e da questo momento in poi la loro Sequenza Principale viene assunta come sequenza di riferimento. Vale a dire che, se di un ammasso stellare molto lontano non possiamo misurare direttamente la distanza, possiamo sempre sovrapporre la sua Sequenza Principale a quella campione delle Iadi. Dallo spostamento in luminosità che abbiamo dovuto applicare alla sequenza dell'ammasso in esame per "riportarlo alla distanza delle Iadi", siamo allora in grado di conoscere la sua distanza assoluta.

Oggi, grazie ai telescopi spaziali che riescono a misurare al di fuori dell'atmosfera parallassi di stelle anche piuttosto lontane, le Iadi hanno perso un po' della loro importanza, ma a noi che le osserviamo col binocolo non importa proprio nulla, dato che sono pur sempre un bellissimo spettacolo, come lo erano anche cento anni fa.

Ora spostatevi su un oggetto ancora più notevole che probabilmente avrete già notato puntando le Iadi. Poco a Nord-Ovest di queste ultime, si vede una macchia luminosa in cui sembra di poter distinguere, nelle notti molto buie, qualche oggetto isolato. Per evitare equivoci, torniamo in Orione, su Bellatrix; facciamo rotta verso le Iadi e proseguiamo oltre. Andiamo a scontrarci proprio con le Pleiadi, un altro ammasso aperto, la cui stella più brillante, Alcyone, è di mag 3.

Secondo l'iconografia popolare, sette dovrebbero essere le stelle delle Pleiadi visibili a occhio nudo. Io non sono mai riuscito a contarne più di cinque e il buon Messier, per precauzione, ha segnalato questa macchia di luce come **M45**.

Osservandole al binocolo, se ne vedono circa un centinaio in uno spazio molto ridotto, mentre al telescopio sono molte, molte di più. La loro età non supera i 300 milioni di anni, talché le più piccole, quelle la cui massa non supera i due-tre decimi di quella del Sole, ancora non hanno neppure avuto il tempo di “accendersi” come stelle vere e proprie. Eppure, la stella più massiccia dell’ammasso, sei volte circa la massa del Sole, ha già fatto in tempo a vivere tutta la sua esistenza, e a cominciare la fase di spegnimento come nana bianca.

Ci si può domandare: ma se sono così giovani, che fine ha fatto la nebulosa di gas e polveri da cui si sono formate? Risposta: si trova ancora lì, attorno alle stelle, ma è talmente impoverita che, all’osservazione diretta, non si vede più. Una buona fotografia astronomica mostrerà, invece, che almeno le stelle più brillanti sono ancora avvolte in un velo sottile, residuo della nube da cui si sono formate. Le Pleiadi sono un altro dei più bei gioielli del firmamento anche perché, all’inizio dell’inverno, si trovano in prima serata proprio allo zenit, da dove dominano la volta celeste, e la loro luce non deve attraversare spessi strati atmosferici per giungere fino a noi.

Restate nella costellazione del Toro e tornate verso Est al confine con la costellazione dei Gemelli. Un utile allineamento parte sempre da Orione: si congiunge il centro della cintura con la piccola testa del gigante, e si prosegue di altrettanto verso Nord. Si va a cadere tra la β e la ζ del Toro; la prima più a Nord, piuttosto luminosa (mag 1,6), e la seconda a Sud, più debole (mag 3). Portatevi su quest’ultima e cercate l’oggetto che, per decenni, ha dato da lavorare a metà degli astronomi, e ha meritato il primo posto nel catalogo di Messier: appunto **M1**.

Badate che stavolta non vi prometto niente. Ve ne parlo per dovere, ma so che è una delusione anche in un telescopio di media dimensione. Portate ζ verso la parte Sud-Est (in basso a sinistra, se guardate verso Sud) del campo del binocolo, e fatela appena appena uscire dal bordo. Verso il centro del campo dovrete vedere (ma secondo me non vedrete) la nebulosa del Granchio. Io confesso di essere riuscito a intravederla, solo perché già sapevo che doveva esserci; come abbia fatto Messier,

non lo so proprio; forse duecento anni fa era più luminosa. Ciò non è impossibile, dato che si tratta di un oggetto giovane, nato nell'anno 1054 d.C., e da allora in continua espansione. Ce lo segnalano le cronache cinesi, ma se ne trova traccia anche nel *Liber Pontificalis*, segno che, nel medioevo, pur considerato un'epoca buia, gli astronomi della corte papale osservavano il cielo pure loro. Altri non sembrano essersi accorti di un fenomeno così cospicuo, con la possibile eccezione di qualche fonte Araba. In sostanza, in quella zona di cielo comparve una stella talmente luminosa da restare visibile a occhio nudo perfino durante il giorno, e rimase tale per circa un mese. Poiché sappiamo che anche Venere, al massimo splendore, può essere visto di giorno, è lecito ipotizzare, anche coll'aiuto di calcoli teorici, che l'oggetto avesse raggiunto una magnitudine tra -5 e -7. Evidentemente si trattava di un'altra supernova; una stella di grande massa che moriva, come farà un giorno Betelgeuse, con un'esplosione spettacolare, ma a distanza molto grande da noi, circa 6.500 anni luce. Ora è rimasta la nube di gas espulsa durante l'esplosione, che si espande ancora furiosamente a velocità di decine di migliaia di chilometri al secondo. Una bella fotografia rivela un'impressionante quantità di strutture interne: filamenti, noduli, vortici, spruzzi e così via, ma non credo che il binocolo potrà darvi troppa soddisfazione.

Vi ho parlato della nebulosa del Granchio perché proprio dovevo, data l'importanza dell'oggetto. Ora, tentate la sorte con qualcosa di più brillante e facile. Un po' bassa verso Ovest si vede Cassiopea, la famosa W celeste. Delle due V, quella che in questo momento punta verso Sud-Est è la più schiacciata, e termina con la stellina più debole. Prendete come allineamento le due stelle più brillanti di questa seconda V (la γ e la δ nella cartina celeste) e, col binocolo, prolungate l'allineamento verso Sud-Est di altrettanto e poco più. Uno sfarfallio di luce vi avverte che siete giunti sui due ammassi aperti molto simili tra loro, η e χ , della costellazione di Perseo. I due ammassi sono lontanissimi, 7 – 8 mila anni luce di distanza, e sono appena nati (qualche milione di anni di età). Contengono stelle di massa molto

grande, più di dieci volte quella del Sole, e per questo motivo appaiono così brillanti malgrado la distanza enorme. Anche questa zona di formazione stellare, recente e intensa, è di grande interesse per gli astronomi, e bella da ammirare per astrofili, aspiranti tali, o semplici curiosi del cielo.

Poiché vi trovate in Perseo, vi suggerisco di cercare un altro oggetto nebulare interessante, ma solo se il cielo è veramente scuro. Si tratta della nebulosa detta California, piuttosto debole. L'allineamento per trovarla non è facile, quindi sarà meglio se vi aiuterete con una cartina celeste. In linea di massima bisogna tornare nel Toro, mettersi a metà strada tra le Iadi e il Presepe, e di lì cominciare a spostarsi verso Nord, verso la Polare, dunque, di una quindicina di gradi circa. Non posso giurarvi che riuscirete a trovarla. Se, dopo qualche tentativo non l'avete individuata, pazienza, lasciate perdere.

C'è un ultimo oggetto di cui voglio parlarvi. Che cos'è quella stella brillantissima proprio allo zenit, che già a occhio nudo appare giallognola, e su cui punta Orione verso Nord? L'abbiamo già incontrata. È Capella (mag 0,1) nella costellazione dell'Auriga. Si trova a 42 anni luce di distanza, e ci fornisce un'idea di come diventerà il nostro Sole tra cinque miliardi di anni, prima di gonfiarsi troppo e tirare le cuoia. In verità, Capella è più massiccia, e quindi intrinsecamente più brillante del Sole, ma appartiene sempre alla stessa famiglia, non essendo così enorme da essere destinata a un'evoluzione troppo diversa. Nel prossimo milione di anni, Capella diventerà ancora più brillante, e più rossiccia, fino a surclassare Sirio e diventare la stella più luminosa del cielo.

Ma non mi sembra il caso di mettersi ad aspettarla. Malgrado il maglione, la sciarpa, la giacca a vento e i guanti, ormai vi siete congelati fino alle ossa. Il cielo invernale vi ha riservato molte sorprese, e avete imparato a muovervi con disinvoltura attraverso le costellazioni. Se avete cominciato a osservare fin dalla primavera, gli oggetti più brillanti e interessanti li avete visti tutti. È sempre bello rivederli e vi consiglio di tornarci sopra, anno per anno. Ora mettetevi al calduccio, perché

dobbiamo fare conoscenza con altri oggetti celesti che certamente vi è capitato di individuare come i più brillanti tra tutti, ma che non avete potuto identificare sulle cartine celesti.

Uno è così ovvio, che neanche ci avete pensato: il Sole. Un altro lo avrete certamente puntato col binocolo, la Luna, per poi accorgervi che eravate rimasti abbagliati, e avete dovuto aspettare un buon quarto d'ora prima di riuscire a vedere le stelle deboli. Altri quattro (Venere, Marte, Giove, Saturno) hanno suscitato in voi forti sospetti, ma forse il binocolo non è stato sufficiente a risolvere i vostri dubbi. L'ultimo, Mercurio, dovrebbe essere in teoria visibile e, anzi, piuttosto brillante: scommetto che non l'avete notato per niente, perduto com'è nel bagliore solare. È tempo di avvicinarci un po' alla Terra e di considerare i nostri compagni di viaggio nell'universo: gli oggetti del Sistema Solare.

Il Sole

Il Sole non si osserva! Abbiate pazienza ma, così come siete costretti a lasciare agli astronomi di professione gli oggetti astronomici troppo deboli, lo stesso accade con quelli troppo brillanti. Occorrono strumenti specifici, adatti allo scopo. Forse qualcuno di voi ha sentito parlare di persone che si vantano di poter fissare direttamente lo sguardo nel centro del disco solare quando questo è al culmine della sua altezza in cielo, senza altro schermo che quello fornito dalle palpebre un po' socchiuse. Non escludo a priori che possano esistere fenomeni del genere, ma per sapere se siete in grado di farlo anche voi, dovrete eseguire un piccolo esperimento *che vi raccomando caldamente di evitare.*

Ve lo descrivo comunque, perché serve quanto meno a sapere quali sono le cose che non bisogna fare assolutamente. Partiamo da una preconditione: avete occhi chiari? L'esperimento non è per voi. La vostra pupilla, infatti, anche se stretta al massimo sotto il flusso di luce dell'astro del giorno, continua a essere quasi del tutto trasparente, e non c'è modo di evitare che una dose eccessiva di fotoni giunga sulla retina, con le conseguenze che sto per illustrarvi.

Se avete gli occhi neri come il carbone, allora la pupilla ha funzioni di filtro migliori. Chiudete gli occhi e, orientandovi con la luminosità che passa attraverso le palpebre, fissate il Sole o i suoi dintorni. Sfessurate appena le palpebre, e aggiustate la mira sul centro del disco solare. Guardate per un secondo, poi richiudete gli occhi e giratevi da un'altra parte. Aspettate! Non eseguite la prova prima di aver letto la descrizione dell'esperimento fino in fondo. Potrebbe essere troppo tardi per riuscire a leggere ancora qualcosa ... Ora riaprite gli occhi. Se siete fortunati, soffrirete di cecità temporanea che, nel corso dei minuti e delle ore, dovrebbe attenuarsi, anche se è possibile che la vostra retina abbia perduto per sempre un po' della sua sensibilità. Potrete vantarsi anche voi, anche se immagino che sarete abbastanza furbi da non ri-

petere la prova, poiché non è detto che la seconda volta vada altrettanto bene. Anzi: cercate di non vantarvi troppo per non indurre in tentazione qualche imbecille. Se invece siete sfortunati, avete realizzato una bella frittura di retina, e resterete ciechi finché campate. Notate che questo è, comunque, l'esito più probabile del test. Ora, se volete, potete provare a vostro rischio e pericolo.

Scherzi a parte, per chi disponga di un piccolo strumento astronomico dotato di treppiede e montatura, c'è qualche possibilità di osservare il Sole senza rischiare nulla, e tra un po' ne parleremo. Chi, invece, dispone soltanto di un binocolo, farà meglio a limitarsi a leggere le pagine che seguono. Cominciando dal paragrafo relativo al moto del Sole sulla sfera celeste, poiché ci introdurrà in parte anche al moto dei pianeti.

Ritorniamo alla sfera "cristallina" delle stelle fisse, posta a una distanza così enorme dalla Terra che, se al centro di questa sfera mettiamo il Sole e non la Terra, non fa praticamente differenza. Lo spazio che ci separa dal Sole è così minuscolo, rispetto al raggio della sfera delle stelle fisse, che a tutti gli effetti pratici Terra e Sole ne occupano comunque il centro. Ragionando così, ci stiamo staccando dal sistema tolemaico e abbiamo fatto il primo passo verso il sistema copernicano.

Ricordate come abbiamo definito i poli e l'equatore celeste, grazie al prolungamento dell'asse di rotazione terrestre? Anche se nella nuova configurazione è il Sole, e non la Terra, a trovarsi nel centro esatto, l'enorme dimensione della sfera celeste farà sì che le nostre definizioni restino valide, e che nulla cambi nel sistema di coordinate che abbiamo stabilito, nel discorso sulle stelle circumpolari, su quelle equatoriali, sui due emisferi ecc.

Ora aggiungiamo una complicazione: fate bene attenzione perché è la chiave di comprensione di molte cose che tratteremo in seguito. Sappiamo che la Terra ruota attorno al Sole, oltre che attorno al proprio asse, con un periodo di un anno. Ebbene, l'asse di rotazione terrestre non è perpendicolare al piano definito dal cerchio (in realtà si tratta di una ellisse quasi circolare) lungo il quale la Terra ruota attorno al

Sole. Nulla ci dice che avrebbe dovuto essere così a priori, ma istintivamente si pensa che tutte le rotazioni avvengano attorno ad assi paralleli. Non è così, ripeto, e tra l'asse di "rotazione" e quello di "rivoluzione" (così viene definito il moto annuo della Terra attorno al Sole) c'è una differenza di inclinazione di circa 27° .

In quali cose si riflette tutto ciò? In tante. Una importante, per cominciare: nell'esistenza delle stagioni. Se i due assi fossero stati perfettamente allineati, il Sole sarebbe sorto sempre esattamente a Est e tramontato a Ovest, con una durata del giorno e della notte sempre e sistematicamente di 12 ore precise. In inverno invece, il Sole sorge a Sud-Est e tramonta a Sud-Ovest, e le giornate sono più brevi, mentre in estate sorge a Nord-Est e tramonta a Nord-Ovest, e le giornate sono più lunghe. So che sto ripetendo cose che la stragrande maggioranza di voi conosce a menadito fin dall'infanzia, ma mi è capitato di parlare con persone adulte e colte che, pur apprezzando la differente durata del giorno durante le stagioni, non avevano mai notato che i punti in cui il Sole sorge e tramonta cambiano durante l'anno. Per loro, l'astro del giorno sorge sempre a Est e tramonta a Ovest. Ciò, invece, accade soltanto due volte l'anno, agli equinozi di primavera e di autunno, che ora andremo a definire con l'aiuto di un ragionamento sul moto apparente del Sole sulla sfera celeste.

Se l'asse di rotazione e quello di rivoluzione non sono allineati, una conseguenza di carattere astronomico sarà che, durante l'anno, il Sole non si proietterà sempre sulle costellazioni che si trovano esattamente sull'equatore celeste, ma qualche volta si troverà più a Nord (durante l'estate) e qualche volta più a Sud (in inverno). Detto in un altro modo, il Sole percorrerà in un anno, sulla volta celeste, un cerchio massimo che non coincide con l'equatore celeste, ma che lo interseca in due punti (due qualsiasi cerchi massimi su una sfera, sono comunque costretti a incrociarsi in due punti; i meridiani terrestri, per esempio, s'incrociano ai poli) .

Siamo così giunti a identificare l'eclittica, di cui abbiamo già accennato senza però spiegare di cosa si trattasse. "Eclittica" è appunto il cerchio massimo percorso dal Sole sulla volta celeste, e le due intersezioni con l'equatore celeste corrispondono

agli “equinozi” di primavera e di autunno. In quei giorni il Sole, transitando per l’equatore celeste, sorge esattamente a Est e tramonta esattamente a Ovest, e il giorno e la notte durano esattamente 12 ore ciascuno. I “solstizi” d’estate e d’inverno corrispondono, invece, ai giorni in cui il Sole si trova alla massima distanza dall’equatore celeste, e comincia a riavvicinarsi. La durata del giorno è, in quei casi, rispettivamente massima o minima, e il sorgere e tramontare del Sole avviene rispettivamente più a Nord o più a Sud possibile.

Ecco perché, per esempio, durante l’inverno polare, il Sole non sorge all’orizzonte per sei mesi. Ricordiamo che, se ci troviamo al Polo Nord, le uniche stelle che siamo in grado di vedere fino all’orizzonte sono quelle che si trovano nell’emisfero celeste settentrionale. Ma, durante l’inverno, il Sole sta percorrendo l’arco di eclittica che si trova nell’emisfero meridionale, e quindi non spunterà mai al disopra dell’orizzonte. All’opposto, nei sei mesi seguenti non riuscirà mai a tramontare.

E, se proprio volete saperlo, le costellazioni che si trovano lungo l’eclittica sono quelle zodiacali: Ariete, Toro, Gemelli, Cancro, Leone, Vergine ecc. Fermo restando che, mentre il Sole si trova, per esempio, in Ariete, le stelle di quest’ultima costellazione saranno eclissate dalla luce dell’astro del giorno, e quindi saranno alla massima altezza sull’orizzonte a mezzogiorno. Vuol dire che a mezzanotte saranno alla massima altezza le stelle della Bilancia, che si trova a 180° di distanza dall’Ariete.

Non sarebbe stato tutto più semplice, se l’asse di rotazione e di rivoluzione terrestre fossero stati allineati? Magari, dal punto di vista del calcolo astronomico, sì, ma forse non ci sarebbero stati astronomi ad accorgersene. Infatti, molti biologi sembrano convinti che l’esistenza di un ciclo stagionale sia stata importante, per determinare sulla Terra lo sviluppo di una vita non elementare, non solo microbica. Dunque, accettiamo le cose come stanno, teniamoci le stagioni, e cominciamo a raccontare qualcosa sul Sole.

Che esso sia una stella di Sequenza Principale lo abbiamo già imparato. Attualmente, la sua temperatura centrale si aggira sui 14,5 milioni di gradi, la densità centrale è un centinaio di volte superiore a quella dell'acqua, e l'abbondanza di Idrogeno al centro è scesa dal 70 per cento iniziale al 35 per cento. Impiegherà altri cinque miliardi di anni prima di esaurirsi, e avviare i parossismi previsti durante le fasi di senescenza. Ma quello che ci interessa di più, è come appare il Sole in superficie; cosa sono le macchie scoperte da Galileo, che influenza hanno sulla Terra e, possibilmente, come si fa a vederle senza restare ciechi.

In primo luogo, bisogna sapere che il Sole ha un raggio di circa 700 mila chilometri e che, di questi, i 200 mila chilometri più esterni sono in "ebollizione" furiosa. Poi, bisogna anche sapere che il Sole ruota attorno al proprio asse ma, contrariamente a quanto succede per la Terra, che è una sfera rigida, la rotazione non avviene a tutte le latitudini con lo stesso periodo. All'equatore, la rotazione dura 25 giorni; ai poli solari 33 giorni. Questo fenomeno, definito "rotazione differenziale", ci lascia un po' sconcertati, ma deve rappresentare la norma e non l'eccezione per oggetti fluidi, visto che anche Giove e Saturno fanno qualcosa di analogo. L'ultima informazione che ci serve per completare il quadro, è che il Sole ha anche un campo magnetico. Nulla a che fare con quello terrestre; quello solare è molto più intenso, variabile sia nel tempo, sia da punto a punto della superficie.

Non dirò che gli astrofisici siano riusciti a chiarire i dettagli del meccanismo, ma l'intrecciarsi di ebollizione, rotazione differenziale e attorcigliamento del campo magnetico provocato da quest'ultima, è causa di fenomeni molto complessi. Per capire come si attorciglia e s'intensifica il campo magnetico, tirate un certo numero di pezzetti di spago tra due dischi paralleli, e ruotate i dischi con velocità diversa: gli spaghi, che nell'analogia rappresentano le linee di campo magnetico, si attorcigliano e, localmente, si determinano degli "accumuli di spago". Così fanno nel Sole le linee di campo magnetico, raggruppandosi, intensificandosi, e creando enormi accumuli di energia magnetica che, alla fine, esplodono letteralmente, con le conseguenze che

vado a enumerare.

Anzitutto, si formano dei veri e propri “buchi” nella superficie solare, nelle zone da cui si ha fuoriuscita di intensi campi magnetici. Questi buchi, che possono avere dimensioni lineari fino a 50 mila chilometri o più (quattro o cinque volte il diametro terrestre), mettono a nudo gli strati più interni del Sole che, in condizioni normali dovrebbero essere più caldi della superficie, ma in questi casi patologici sono più freddi. Abbiamo accennato che la temperatura superficiale del Sole è di circa 6.000 gradi; ebbene, questi buchi ci permettono di vedere zone più interne, a temperature di soli 4.500 gradi. Sembrerebbero comunque temperature altissime, ma la luce emessa a 6.000 gradi è molto più bianca e intensa di quella emessa a 4.500 gradi, per cui questi buchi appaiono come zone scure, rossastre: le famose “macchie solari”.

Intorno alle macchie, in genere si trovano anche regioni più calde della media, che si distinguono molto bene con strumenti adatti: il loro nome è “facole”, e si presentano di un bel bianco brillante, più luminose delle zone circostanti. Una cosa che non tutti sanno è che, nel momento in cui il Sole è più coperto di macchie, esso è in media più luminoso, poiché le facole, di cui quasi nessuno parla, compensano a usura il mancato illuminamento dovuto alle zone più oscure.

La vita delle macchie di maggiori dimensioni è dell'ordine di un mese o due; poi esse si richiudono e ne compaiono altre, secondo un ciclo che dura undici anni. (In realtà si tratta di ventidue anni, ma il dettaglio non vi può interessare.) Infatti, per un periodo di due o tre anni, le macchie sono quasi assenti. Quindi cominciano a apparire con frequenza sempre maggiore, fino a interessare, per un paio d'anni, frazioni non trascurabili della superficie solare; poi diminuiscono nuovamente, il tutto con periodicità undecennale. Poiché abbiamo appena visto che la presenza di macchie rende il Sole più luminoso, ne deduciamo che anche la nostra stella è variabile con periodo di undici anni. Un astronomo che eseguisse misure molto accurate, noterebbe che questa variazione è però molto limitata; la luminosità cambia, in totale, per meno dell'1 per cento.

Quando l'attività superficiale del Sole è al massimo, ce ne accorgiamo, sulla Terra, in almeno due modi: il primo è la presenza di aurore boreali in coincidenza delle quali, tra l'altro, le bussole impazziscono; il secondo è il disturbo delle telecomunicazioni. Cosa succede? Succede che, dalle macchie solari, vengono sparati nello spazio getti immensi di particelle ionizzate (principalmente protoni ed elettroni). Giungendo in prossimità della Terra, queste particelle elettricamente cariche vengono catturate dal campo magnetico terrestre, e incanalate verso i poli, laddove si generano correnti elettriche di milioni di Ampère nell'alta atmosfera. Queste correnti perturbano a loro volta il campo magnetico terrestre, dando fastidio alle bussole, e accendono nella stratosfera le aurore boreali: dei veri e propri "tubi fluorescenti" di dimensione planetaria, che si manifestano come trine di luce di centinaia o migliaia di chilometri di ampiezza, spesso anche in moto rapido.

Per quanto riguarda le telecomunicazioni, lo strato superiore dell'atmosfera terrestre detto "ionosfera" sul quale si riflettono le onde radio, viene sconvolto dall'arrivo in massa di particelle ionizzate. Un po' meglio vanno le trasmissioni che utilizzano satelliti, sebbene anche questi ultimi finiscano, a volte, temporaneamente accecati, ma peggio vanno le cose per i poveri astronauti i quali, non protetti come noi da una spessa coltre atmosferica che alla fine assorbe tutto, debbono schermarsi come possono da questi flussi di radiazioni improvvisi (niente attività extraveicolare, ecc.).

Accumulando osservazioni nel corso dei secoli, gli astronomi hanno scoperto che l'intensità di queste oscillazioni undecennali del Sole non è costante. Sembra ormai certo che esistano lunghi periodi, in cui le macchie non fanno la loro comparsa, o quasi, neppure al massimo dell'attività. Tali periodi sono stati messi in relazione con "piccole ere glaciali" che si sono succedute sul nostro pianeta, con periodicità di 500-1.000 anni. Dunque, sovrapposta alla variabilità undecennale, esiste anche una variabilità plurisecolare del Sole, che ha sulla Terra effetti ben più consistenti che non il semplice girare a vuoto delle bussole, influenzando in modo diretto il clima.

Come si osservano queste benedette macchie solari? Per proiezione. Tutti i cannocchiali e telescopi amatoriali, vengono venduti con un optional, consistente in uno schermo bianco, che può essere fissato a valle dell'oculare. Si piazza questo schermo dove normalmente si metterebbe l'occhio, si punta lo strumento sul Sole aiutandosi con l'ombra lasciata dal tubo e, una volta messo a fuoco (in modo diverso da quanto sarebbe stato necessario per un'osservazione diretta), si vede sullo schermo una bella e luminosissima immagine del Sole, con tutti i suoi dettagli (macchie e facole). Ponendo sullo schermo un foglio di carta bianca, si possono eseguire a ricalco disegni delle morfologie osservate che, talvolta, sono utili anche ad astronomi professionisti.

Ma attenzione! Se pure disponete di uno strumento del genere, ricordate che l'osservazione del Sole è comunque pericolosa. In questo caso, non per voi, ma per lo strumento. Prima di provare, leggete ancora alcune righe; magari, risparmierete soldi e bestemmie. Pensate al piccolo cannocchiale cercatore, a esempio. Questo contiene sempre un oculare con un sottile reticolo sul fuoco della lente obiettivo. Se non avete tappato l'obiettivo del cercatore, entro i primi quindici secondi di osservazione del Sole, vedrete levarsi un fil di fumo, estremo avanzo di un reticolo infelice. (I patiti del melodramma, tra i miei venticinque lettori, avranno notato due citazioni operistiche.)

Comunque, è probabile che anche lo strumento principale abbia un obiettivo spropositato, per l'osservazione solare, sia pure con la tecnica di proiezione. Per evitare surriscaldamenti dello strumento, è sempre meglio ritagliare una corona circolare di carta nera delle dimensioni dell'obiettivo, e metterla all'ingresso dello strumento, per ridurre la pupilla di entrata. Troppa luce, che si riflette anche sulle pareti interne dello strumento, che tra l'altro sono annerite per assorbire la luce diffusa, e facilitare l'osservazione degli oggetti più deboli, scalda il tubo, e rende meno distinta e nitida l'immagine proiettata. Al di là di questi ovvi consigli, fate sempre molta, moltissima attenzione. Far passare l'occhio, anche per una frazione di

secondo, davanti alla luce solare concentrata da un obiettivo, sia pure quello del piccolo cercatore, espone a gravissimo rischio di cecità. Il mio suggerimento è che, anche disponendo della strumentazione adatta, limitiate al massimo l'osservazione del Sole, a meno che non decidiate di specializzarvi proprio in questa branca dell'astronomia, imparando i trucchi del mestiere.

Da ultimo, parliamo delle eclissi solari. Quelle "parziali", durante le quali la Luna non riesce a occultare del tutto il disco, sono relativamente frequenti ma, al di là della curiosità dell'evento, non presentano un reale interesse astronomico. Quelle "totali", con l'occultazione completa per qualche minuto, sono tutta un'altra cosa. Durante il periodo di buio totale si vede la "corona solare": uno strato di gas tenue ma caldissimo, agitato e attorcigliato dal campo magnetico solare, che in qualsiasi altra condizione è troppo debole per essere visibile. Si tratta di uno spettacolo unico; è anche molto raro e, se si verifica un'eclissi totale entro poche centinaia di chilometri da dove abitate, prenotate l'albergo, montate in macchina e non perdeteviela. Vale molto più dei soldi e del tempo che ci avete rimesso, ed è probabile che non se ne verifichi un'altra a distanza facilmente raggiungibile per decenni. Oh! E non portate il binocolo. Per le eclissi, non serve, anzi è pericoloso. Se spunta fuori il primo spicchietto di Sole mentre ancora tenete gli occhi allo strumento, anche le vostre retine fumeranno. Invece, acquistate da un ferramenta un vetro oscurato per maschere da saldatore, e osservate attraverso quello. È lo strumento principe per le eclissi solari.

La Luna

La Luna è, per gli astrofili, croce e delizia; per gli astronomi professionisti è quasi soltanto croce, almeno finché non riusciranno a piazzarci sopra un bel telescopio. Noi, che ci occupiamo solo degli astrofili, possiamo cominciare con lo spiegare perché è una delizia.

Il nostro satellite è abbastanza vicino e luminoso, senza esserlo troppo, da rappresentare il primo, e il più interessante, degli oggetti celesti da osservare, non appena si disponga di un piccolo strumento ottico. È un mondo così totalmente diverso dalla Terra, privo di una sua atmosfera che disturbi le osservazioni, da mostrare panorami del tutto alieni, ben distinguibili anche con il più modesto cannocchiale. La sua topografia è complessa e variata, per cui, ogni volta che si osserva, è possibile individuare particolari interessanti non notati in precedenza, anche dopo anni di studio. È quasi sempre presente in cielo, e non ci sono difficoltà nel puntarla. Di notte in notte cambia aspetto, e dunque sono sempre diversi i dettagli osservabili, anche se è un po' fastidioso il suo vezzo di mostrarci sempre la stessa faccia, per cui l'osservazione dell'emisfero lunare opposto è preclusa al dilettante.

I motivi per cui la Luna, dopo poche notti di entusiastica osservazione da parte del neofita, si trasforma in una croce, sono in buona misura gli stessi per i quali è una delizia. Sta quasi sempre in cielo ed è molto luminosa, per cui rende più difficile l'identificazione di oggetti deboli. Le uniche notti durante le quali si può eseguire un'osservazione astronomica profonda, sono le sei o sette a cavallo della Luna nuova; per il resto, bisogna aspettare che sia tramontata (quando è crescente) o spicciarsi prima che sorga (quando è calante) altrimenti illumina troppo il cielo, e falsa le misure. Quando, poi, ci troviamo nelle quattro o cinque notti attorno al plenilunio, è come se piovesse. Tanto vale andarsene a dormire, perché la luminosità è tale da

vanificare il tentativo di osservare qualsiasi altro oggetto che non sia la Luna stessa, o al massimo un pianeta. E per di più, come vedremo tra poco, la Luna piena non è per nulla interessante, anzi!

Sarebbe, però, un posto eccezionale su cui installare un telescopio. Questo non andrebbe soggetto a vibrazioni, come invece accade con i telescopi orbitanti attorno alla Terra, i quali hanno bisogno di strumenti complessi per la stabilizzazione. Inoltre, non essendoci atmosfera, non solo gli astri si potrebbero studiare senza il fastidioso tremolio dovuto alla continua ebollizione delle masse d'aria sovrastanti (altrimenti, perché spenderemmo tanti soldi per mettere in orbita telescopi al di fuori dell'atmosfera, o costruire "ottiche adattive"?) ma neppure ci sarebbe differenza tra giorno e notte. Il nostro cielo, durante il giorno, è luminoso grazie alla luce del Sole diffusa dalle molecole di aria. Sulla Luna non c'è nulla a diffondere la luce. Il Sole appare più bianco e luminoso che dalla superficie terrestre, ma basta guardare il cielo in direzione diversa dal Sole per vederlo nerissimo come mai lo potremo sognare dalla Terra, popolato di stelle più brillanti di quelle che siamo abituati a conoscere. Dallo zenit all'orizzonte, potremmo distinguere, sempre in teoria, tutte le stelle fino alla settima magnitudine, e quindi sarebbero anche molto più numerose delle due o tremila visibili a occhio nudo durante la più oscura notte terrestre.

Abbiamo cominciato a parlare di Luna nuova e piena. Soffermiamoci un momento sul moto lunare. So che ogni Lettore è ferratissimo sull'argomento e che arriccerà il naso leggendo il paragrafo che segue. Ma tant'è. Non tutti, per quanto possa sembrare strano, hanno per ovvio quello che sto per dire. Mi meraviglio anch'io quando qualche curioso del cielo comincia a fare domande, dalle quali debbo concludere che, nella sua mente, la sparizione della Luna, il fenomeno che definiamo come Luna nuova, è dovuta al suo ingresso nel cono d'ombra terrestre (eclissi di Luna).

Bene: sul fatto che la Luna ruoti attorno alla Terra siamo d'accordo tutti, perfino Tolomeo. Il piano che passa attraverso l'orbita che la Luna descrive attorno alla Terra

non è del tutto coincidente con il piano dell' eclittica, ma non se ne discosta neppure molto. Questo vuol dire che, durante il suo periodo di rivoluzione (circa 29 giorni), la Luna passerà anche tra la Terra e il Sole. Come la vedremo, in quest'ultima circostanza? Non la vedremo. La Luna, infatti, risplende di luce riflessa; se il Sole si trova a perpendicolo al centro dell'emisfero lunare a noi opposto, l'emisfero che si affaccia verso la Terra sarà del tutto oscuro e invisibile, senza contare che sarà immerso nella luminosità dell'astro del giorno che tutto nasconde. Siamo in fase di Luna nuova.

Un momento! Qualcuno potrà obiettare che, se la Luna passa proprio davanti al Sole, dovrebbe nascondere, dando luogo a un'eclissi di Sole. È vero, ma ciò non accade sempre. Ho appena detto che l'orbita della Luna è un po' inclinata rispetto all'eclittica, che è il percorso del Sole sulla sfera celeste. Ciò vuol dire che la Luna può occultare il Sole solo se, nel momento in cui gli passa davanti, sta percorrendo quel tratto della sua orbita che va a intersecare l'eclittica. Ciò avviene, ma di rado. In tutte le altre circostanze, la Luna passerà abbastanza vicina al Sole, ma non esattamente davanti.

Seguiamo ora la Luna nella sua orbita, via via che si allontana dal Sole. In prima serata, guardando verso ovest, vedremo un falcetto illuminato che tramonta poco dopo il Sole. Definiamo questa fase "Luna crescente" poiché, di sera in sera, la frazione di superficie lunare illuminata che riusciamo a vedere dalla Terra aumenta sempre. Ed ecco la prima osservazione lunare che può beneficiare del nostro binocolo (purtroppo, come vedremo più avanti, è anche una delle poche). Due o tre sere dopo che si è cominciato a vedere il falcetto sottile, aspettiamo il tramonto del Sole e saliamo in terrazza. Puntiamo il binocolo sulla Luna e meraviglia! A parte il falcetto brillantissimo, riusciremo a vedere, sia pure appena appena, l'intero disco lunare, anche se difficilmente distingueremo mari o crateri sulla parte in ombra. Dunque, deve esistere una sorgente luminosa che, sia pur debolmente, invia i suoi raggi sull'emisfero lunare, nelle zone non direttamente esposte al Sole. Questa sorgente è la

Terra, il nostro pianeta!

Pensate alla geometria del sistema Sole-Terra-Luna. Quando la Luna è nuova, la Terra, vista dalla Luna, è piena. È, cioè, completamente illuminata dal Sole e, pochi giorni dopo il novilunio, ancora la maggior parte dell'emisfero del nostro pianeta, se osservato dalla Luna, è direttamente esposto al Sole. Ora, la Terra vista dalla Luna ha una superficie 36 volte maggiore rispetto alla Luna vista dalla Terra. Inoltre, il nostro pianeta riflette molta più luce, per unità di superficie, di quanta ne rifletta la Luna. Le nuvole, per esempio, riflettono la quasi totalità della luce solare, per cui il “chiaro di Terra” sulla Luna è cento-duecento volte più luminoso del chiaro di Luna, come ben sanno gli astronauti che vi si sono recati. Insomma: è così intenso da illuminare l'emisfero lunare in ombra, quel tanto che basta perché riusciamo a vederlo. Forse, se Giacomo Leopardi fosse vissuto sulla Luna, il *Canto notturno di un pastore errante per l'Asia* (o per il Mare Tranquillitatis) sarebbe stato meno melanconico.

Riponiamo il binocolo e torniamo al moto della Luna. Al passare dei giorni, circa una settimana dopo la Luna nuova, quando ormai il nostro satellite, percorrendo la sua orbita, si trova ad angolo retto rispetto al Sole, ne vediamo illuminato esattamente metà del disco: siamo al primo quarto. Una settimana dopo, la Luna ha raggiunto la posizione opposta al Sole; è ormai piena, e sorge più o meno nello stesso momento in cui il Sole tramonta. Ancora una settimana dopo, sorgendo verso mezzanotte, si trova all'ultimo quarto, e ricomincia a tuffarsi verso il Sole e verso il successivo novilunio. È chiaro dunque che, se durante il plenilunio la Luna si trova nella parte di orbita che incrocia l'eclittica, Sole, Terra e Luna saranno allineati, e la Luna potrà entrare nel cono d'ombra proiettato dalla Terra. Avremo un'eclissi di Luna.

Queste ultime eclissi sono, o meglio sembrano essere, molto più numerose di quelle solari; ogni anno sono visibili, in media, un paio di eclissi lunari da ogni località del pianeta, mentre quelle solari si succedono, sempre nello stesso luogo, a intervalli di circa 18 anni, e in genere sono soltanto parziali. Il motivo di questa

differenza è presto detto: la Luna è molto più piccola della Terra, e così il suo cono d'ombra. È dunque molto più probabile che, in un qualsiasi luogo, si veda la Luna tuffarsi nel grande cono d'ombra terrestre, piuttosto che quel luogo capiti esattamente nel piccolo cono d'ombra lunare.

Come si fa a sapere se la Luna è crescente o calante? Gobba a ponente, Luna crescente. Gobba a levante, Luna calante. Ma ci sono sistemi più semplici. Come abbiamo detto poc'anzi, se si vede in prima serata è crescente; se sorge solo dopo il tramonto del Sole, è invece calante. Oppure, se vi piace di più, la Luna è bugiarda. Se dice «C» come «Cresco», vuol dire che decresce; se dice «D» come «Decresco», vuol dire che cresce.

E passiamo all'osservazione della Luna. Con il binocolo c'è ben poco da fare. Si può studiare il profilo frastagliato del bordo illuminato, definito "terminatore", attorno al primo quarto. Non è invece consigliabile osservare la Luna piena, sia per il motivo che diremo tra poco parlando dell'osservazione telescopica, sia perché è troppo luminosa; se a occhio nudo non infastidisce troppo la vista, con un binocolo può danneggiare la retina. È invece interessante osservare al binocolo un'eclissi di Luna, seguendo l'avanzare della penombra e dell'ombra sul disco.

Come abbiamo già visto nel caso del Sole, anche per la Luna, come in misura ancora maggiore per i pianeti, l'osservazione si fa più interessante se si possiede un piccolo telescopio, con diametro dello specchio principale tra i 10 e i 20 cm, specialmente durante quelle poche notti l'anno in cui è possibile utilizzare l'oculare a ingrandimento massimo, non più di 150 x, e lasciate i 400 x agli astrofili professionisti. Cambiano anche le modalità di osservazione, rispetto a quanto abbiamo detto sul cielo stellato. Mi spiego: nel caso di stelle, nebulose, ammassi, galassie e così via, la condizione più importante era un cielo molto scuro, e pulito, per raccogliere tanta luce. L'osservazione dettagliata delle forme era meno importante, poiché le stelle si presentano sempre e comunque puntiformi, mentre gli oggetti diffusi hanno contorni sfumati. Osservando, invece, gli oggetti del Sistema Solare che

hanno dimensioni angolari ben percepibili, in cui le forme diventano dunque importanti, una velatura del cielo, o anche una forte luminosità diffusa come in città, passano in secondo piano rispetto a un'altra caratteristica: la stabilità dell'immagine. Dunque, il binocolo viene spiazzato non solo per il numero insufficiente di ingrandimenti, ma per mancanza di una postazione fissa. Inoltre, le notti di tramontana col cielo pulito sono l'optimum per l'osservazione del mondo stellare, ma non sono benvenute per l'osservazione del mondo planetario, in quanto il vento genera turbolenza, e le immagini dei crateri lunari, dei poli di Marte, delle bande e macchie di Giove, degli anelli di Saturno e così via, fluttuano in continuazione, e l'occhio non riesce a fissare i dettagli. Per l'osservazione planetaria (Luna inclusa) è meglio una notte un po' afosa, senza un alito di vento, magari anche con un minimo di foschia, ma con l'atmosfera immobile fino agli alti strati. E le luci della città non rappresentano un impedimento.

Ancora, non ha senso osservare, tenendo il telescopio in casa e guardando fuori dalla finestra. La differenza di temperatura tra l'interno e l'esterno causa movimenti d'aria nella zona della finestra, e questi disturbano l'osservazione. Se non mi credete, potete fare la prova. Da ultimo, il solaio della terrazza troppo caldo può, a sua volta, generare turbolenza; meglio cominciare le osservazioni almeno un paio d'ore dopo il tramonto. Insomma, l'osservazione lunare e planetaria comincia a diventare un po' più difficile di quella stellare. Nel seguito, mi rivolgerò essenzialmente ai Lettori che possiedono un piccolo telescopio, anche se chi dispone solo di un binocolo non deve disperare. Tutto sommato, l'osservazione del Sistema Solare sta trasformandosi da un capitolo di astronomia a uno di geografia, e le immagini su Internet possono ben supplire.

Passiamo, dunque, ai rudimenti per l'osservazione lunare. A differenza di altri oggetti del Sistema Solare, la Luna è sostanzialmente priva di colorazione. Miliardi di anni di esposizione ai raggi ultravioletti del Sole senza alcuno schermo atmosferico, hanno ridotto il nostro satellite a un mondo in bianco e nero, in cui le sfumature di

grigio assumono un'importanza fondamentale, e dove le ombre sono molto più indicative che le zone in piena luce. Dunque, osservare la Luna piena anche con uno strumento dalle buone prestazioni, è del tutto deludente poiché il Sole a perpendicolo non ci farà vedere ombre. Certo, si distingueranno molto meglio che a occhio nudo le forme di quei segni bui che sono i bacini dei cosiddetti "mari", ma ci sarà preclusa la visione delle ombre frastagliate che consentono la percezione dell'orografia lunare, davvero interessante. Per questo, è meglio osservare la Luna crescente sera per sera, nei dintorni del terminatore; in questa regione, le ombre sono più allungate e suggestive. In tal modo, si possono ammirare crateri di ogni forma e dimensione, fratture, montagne e, saltuariamente, qualche punto brillante nella zona ancora in ombra: la vetta di una montagna altissima, che riesce già a cogliere i primi raggi del sole, mentre i dintorni sono ancora nella notte più profonda.

Non mi dilungherò su una descrizione della topografia lunare. In fin dei conti, una buona mappa della Luna si trova da ogni libraio, e soprattutto su Internet, e neppure credo sia molto interessante sapere che quei tre grossi crateri in verticale che vengono tagliati dal terminatore al primo quarto si chiamano Tolomeo, Alfonso e Arzachele, e quegli altri tre, un po' più piccoli, di cui il bordo dell'ultimo erode un po' quello centrale, sono Teofilo, Cirillo e Caterina. Potevano anche chiamarsi Ambrogio, Pietro e Gennaro, e non sarebbe cambiato niente. Invece è interessante sapere perché la Luna ha una superficie così craterizzata. Per spiegarlo, dobbiamo tornare indietro nel tempo, all'epoca in cui essa nacque.

Nascita catastrofica, quella della Luna, almeno secondo le teorie correnti. Per quel che riteniamo di aver capito (e tutto sommato, il quadro generale non può essere troppo diverso dal vero), la materia residua attorno al Sole appena formato, si era radunata sotto forma di polveri, ghiacci e gas, in un disco ruotante. Le collisioni tra frammenti di materia causavano via via l'aggregazione di oggetti di maggiori dimensioni, i "planetesimi". Questi ultimi si urtavano e si aggregavano a loro volta, fino a rastrellare tutta o quasi la materia rimasta in circolazione, dando luogo ai

pianeti come ora li conosciamo.

Per i pianeti di mole maggiore (principalmente Giove e Saturno) un processo analogo, ma su scala più piccola, ha dato luogo alle corone di satelliti che accompagnano questi giganti, e sui quali torneremo tra un po'. La proto-Terra, invece, era troppo piccola per poter trattenere nei suoi dintorni abbastanza materia da formare un satellite così grosso. Ricordiamo infatti che, sebbene qualche satellite di Giove e Saturno sia un po' più grande della Luna, il rapporto tra la massa della Terra e quella del suo satellite è tale che, sul piano astronomico, sarebbe più corretto parlare del sistema Terra-Luna come di un "pianeta doppio", piuttosto che di un sistema pianeta-satellite, come invece siamo abituati a pensare.

Ma allora, da dove viene la Luna? La risposta l'abbiamo avuta dall'analisi chimica delle rocce lunari. Esse somigliano in modo sospetto alle rocce, ricche in silicati, del mantello terrestre; quella zona profonda qualche migliaio di chilometri che circonda il nucleo fuso di Ferro e Nickel al centro del nostro pianeta. La Luna è stata letteralmente strappata via dal mantello terrestre dopo che questo si era già formato.

Ecco, come in un filmato, le fasi dell'evento. La proto-Terra già esiste, ed è ancora soggetta a intenso bombardamento superficiale da parte di una grande quantità di planetesimi nei paraggi. La temperatura del nostro pianeta è elevatissima: esso è praticamente tutto liquido. Le parti più pesanti, il Ferro e il Nickel appunto, sono sprofondate verso il centro, mentre le zone superficiali sono ricche di lave (non rocce, poiché sono fuse) silicee, più leggere. A questo punto avviene la catastrofe: nella zona in cui si è formata la Terra, si è formato anche un altro pianetino di dimensioni ragguardevoli, più o meno quelle di Marte, che finisce per precipitare, urtandolo violentemente, sul nostro. Una parte del mantello terrestre viene letteralmente schizzata via, in orbita, mentre la Terra ingloba il suo fratello minore e raggiunge le dimensioni attuali. In un tempo astronomicamente brevissimo, i frammenti rimasti in orbita si urtano e si appiccicano tra loro, formando un nuovo corpo celeste: la Luna.

Dunque, la Luna non contiene gli elementi pesanti che si trovano al centro della Terra, poiché è stata “scremata” dalla superficie. Si raffredda e si solidifica rapidamente, dopodiché passa gli ultimi quattro miliardi e rotti di anni a intercettare i planetesimi che ancora ronzano saltuariamente nei dintorni, fino ai nostri giorni. Ecco, dunque, perché è tanto butterata di crateri: ogni impatto un cratere; grande come un mare per i più grossi, di pochi centimetri per i più piccoli.

Nel passato, fino alle prime spedizioni umane sulla Luna, due scuole di pensiero si contendevano il campo: la prima affermava che i crateri lunari fossero i residui di veri e propri vulcani, e quindi di origine interna; la seconda li riteneva appunto i risultati di impatti meteoritici, e quindi di origine esterna. Debbo dire che io parteggiavo per la prima ipotesi, poiché un vulcanismo attivo avrebbe potuto implicare un qualche genere di vita, lasciando aperta la possibilità per la presenza di acqua, o ghiaccio, almeno sotto la superficie. Passavo, quindi, ore e ore al mio vecchio cannocchiale osservando il lato in ombra della Luna, nella speranza di cogliere qualche bagliore, a volte segnalato da altri astrofili, che potesse indicare attività vulcanica.

In realtà, la teoria degli impatti era, già dall’inizio, quella più convincente. Un astronomo molto furbo aveva misurato, subito dopo la fine della Seconda Guerra Mondiale, il rapporto superficie/volume per crateri di ogni dimensione, lasciati dall’artiglieria sui campi di battaglia in Francia e in Germania. Questo rapporto, riportato come grafico su assi cartesiani, mostrava una marcata linearità. L’astronomo prese poi a misurare il rapporto superficie/volume anche per i crateri lunari, dai più piccoli osservabili a quell’epoca, fino ai più grossi. Sullo stesso grafico di prima, i crateri lunari si disponevano esattamente sul prolungamento della retta corrispondente ai crateri di artiglieria terrestri. Non era una prova definitiva, ma almeno un forte indizio per l’origine da impatto dei crateri lunari.

Infine, le analisi fisiche e chimiche in loco mostrarono che la Luna non presenta traccia di vulcanismo almeno negli ultimi quattro miliardi di anni, essendo quindi un

cadavere dal punto di vista geologico. Da quell'epoca lontana fino a oggi, nulla, eccetto gli impatti con meteoriti, ha modificato l'aspetto del nostro satellite, a parte la lentissima erosione dovuta al vento solare, il quale impiega milioni di anni per rivoltare un centimetro di polvere superficiale. I meteoriti erano frequentissimi nelle prime centinaia di milioni di anni di vita della Luna, poi sono calati rapidamente, ma ancora il loro impatto avviene in modo saltuario, e le osservazioni accurate svolte nel contesto di un "ritorno alla Luna" con insediamenti permanenti, ne segnalano ogni tanto. Analisi chimiche dettagliate hanno mostrato, per esempio, che alcuni crateri di dimensioni ragguardevoli sono stati generati non più di una decina di milioni di anni fa. È un tempo brevissimo, su scala astronomica, ma anche sulla scala temporale dell'evoluzione biologica sulla Terra, e dovrebbe darci da pensare.

La presenza di impatti meteorici recenti sulla Luna, fa sorgere un'altra domanda. E sulla Terra? In fin dei conti, la Terra ha dimensioni lineari molto maggiori di quelle lunari, con conseguente maggior probabilità di impatto, e anche la sua attrazione gravitazionale è molto superiore a quella della Luna. Come mai la superficie della Terra non si presenta craterizzata come quella lunare? Forse, sulla Terra non cadono meteoriti, o vengono bruciati mentre attraversano l'atmosfera?

È vero che l'atmosfera rappresenta uno schermo efficiente nei confronti dei meteoriti più piccoli, fino a pochi metri di diametro, che sono di gran lunga i più frequenti. Non tutti gli astronomi sono d'accordo sulle cifre, ma non si commette un errore per eccesso affermando che, nel giro di 24 ore, decine di migliaia di meteoriti di diametro superiore a qualche millimetro si consumano nell'atmosfera terrestre. Per fortuna esiste questo schermo, altrimenti i meteoriti rappresenterebbero una calamità naturale non trascurabile, poiché anche un granello di sabbia, sparato a una velocità di qualche decina di chilometri al secondo, causa danni considerevoli a persone e cose. Bisogna pure ammettere che alcuni frammenti dei meteoriti che bruciano in atmosfera, di diametro superiore a cinque-sei centimetri, raggiungono di frequente la superficie terrestre. A noi sembrano piuttosto rari (la maggior parte cade

in aree deserte), ma questo non consola molto chi trova il tetto di casa, o l'automobile, sventrati da un meteorite, come fanno fede i servizi che la rivista *Sky and Telescope* dedica ogni tanto a questo argomento. L'assicurazione non paga, e il valore commerciale del meteorite è generalmente molto basso, tale da non coprire il danno economico.

Ma, a parte questa curiosità che non deve impensierirci troppo (il numero di persone uccise ogni anno da un meteorite, si conta sulle dita di una mano), cosa possiamo dire dei meteoriti veramente grandi, come quello che dieci milioni di anni fa ha fatto schizzare fiumi di roccia fusa lunare fino a centinaia di chilometri di distanza dal luogo dell'impatto, lasciando come ricordo il brillantissimo cratere Tycho? O quello che, 65 milioni di anni fa, sulla Terra, ha dato il colpo di grazia, conducendole all'estinzione, a quelle bestiacce che rispondevano al nome di dinosauri, consentendo ad altre bestiacce, rispondenti al nome di mammiferi, di svilupparsi fino al punto di essere in grado di scrivere (e leggere) un libro come questo?

La verità è che i crateri meteoritici esistono anche sulla Terra. I meteoriti rappresentano una minaccia cosmica che, da tempo, non va più sottovalutata. Il *Meteor Crater* in Arizona è un buon esempio di quello che può combinare un oggetto di poche decine di metri di diametro. E, se il nucleo di una cometa, composto essenzialmente di ghiaccio, caduto a Tunguska (Siberia) all'inizio del 1900, avesse tardato di due ore, la rotazione terrestre lo avrebbe portato a disintegrarsi su San Pietroburgo, non lasciandone praticamente nulla, se non rovine fino a un centinaio di chilometri di distanza dall'epicentro.

Ma allora, torniamo a chiederci, perché la Terra non appare craterizzata come la Luna? Due forze agiscono nel cancellare le cicatrici. La prima (meno efficiente) è l'erosione atmosferica che, nel giro di qualche decina di milioni di anni, spiana tutto. La seconda (più efficiente) è l'attività della crosta terrestre. La Terra, infatti, è geologicamente viva. Ne fanno fede sia i vulcani, sia il continuo movimento dei

continenti, i quali galleggiano sugli strati liquidi più interni del pianeta. Durante questo movimento, le placche galleggianti si scontrano tra di loro, e s'inabissano le une sotto le altre, mentre nuova crosta solida viene generata nelle fosse oceaniche, per poi salire in superficie, arricciarsi in catene montuose, e riaffondare nel mantello fluido sottostante. La superficie terrestre non è stabile, nei miliardi di anni, come quella lunare, ma si ricicla, cancellando le tracce lasciate dai grandi impatti meteoritici. Tanto per fare un esempio, i geologi sono riusciti a trovare il cratere, di 200 chilometri di diametro, causato dal gigantesco meteorite di 65 milioni di anni fa, ma esso è ormai nel fondo del Golfo del Messico, quasi irriconoscibile.

Pensiamo dunque che, dieci milioni di anni fa, l'evoluzione biologica sulla Terra aveva già imboccato il percorso che la stava conducendo agli ominidi e, infine, a noi. Anche in questo caso, se ci fossero state poche ore di sfasamento nell'arrivo del grosso meteorite che ha fatto suonare la Luna come un gong, e questo fosse invece piombato sulla Terra, oggi, forse, non ci sarebbe nessuno, quaggiù, ad accorgersi della mancanza del cratere lunare Tycho. Forse, non ci sarebbe nessun mammifero. Le coincidenze cosmiche che hanno consentito alla vita intelligente di svilupparsi sul nostro pianeta sono veramente tante.

Tra l'altro, Tycho è ben distinguibile anche con il binocolo, come un'areola particolarmente brillante, contornata da strisce più chiare, i resti dei getti di roccia fusa, anche quando l'ombra del terminatore se ne è allontanata abbastanza. È il punto più luminoso della superficie lunare. Guardatelo, e ringraziate la Luna per avere intercettato un proiettile che poteva capitare a noi.

Spesso mi domandano: «C'è acqua o ghiaccio sulla Luna?». Dove giunge la luce solare, certamente no, poiché il calore farebbe immediatamente sublimare il ghiaccio, e le molecole di vapore acqueo si perderebbero nello spazio. Un po' di ghiaccio, forse lasciato da una cometa, è stato individuato all'interno di un cratere proprio al Polo Sud lunare, dove la luce del Sole non arriva mai. Potrebbe essercene un altro po' in profondità, ma certamente la Luna non è ricca di acqua come la Terra. Speculazioni

su possibili forme di vita lunare, comuni nei secoli scorsi anche dopo l'invenzione del cannocchiale, devono lasciare il posto alla certezza che l'unica vita lunare è quella che proviene da eventuali contaminazioni da veicoli spaziali terrestri, astronauti inclusi.

I pianeti. Venere

Sappiamo che i pianeti maggiori del Sistema Solare sono otto e cioè, in ordine di distanza dal Sole: Mercurio, Venere, Terra, Marte, Giove, Saturno, Urano e Nettuno. Plutone è stato declassato al ruolo di “pianeta minore”: un blocco di sassi e ghiaccio come ce ne sono molti altri, pure di dimensioni maggiori, ai confini del Sistema Solare. In questo libro parleremo solo di Venere, Marte, Giove e Saturno.

Per chi desidera solo un primo approccio al cielo, infatti, Mercurio è di nessun interesse. Fisicamente, si presenta molto somigliante alla Luna, anche come dimensioni. Dal punto di vista astronomico è visibile con difficoltà, poiché è molto vicino al Sole. È dunque possibile cercarlo solo poco dopo il tramonto, o poco prima dell'alba, a seconda della sua posizione orbitale, ma comunque in un cielo in cui la luce del crepuscolo o dell'aurora è piuttosto intensa. Anche se lo individuaste, non basterebbe un telescopio di dimensioni medio-grandi per vedere qualcosa di interessante. Pensate che, fino all'arrivo di sonde spaziali nelle sue vicinanze, non era stato possibile misurare il suo periodo di rotazione, per mancanza di dettagli rilevabili sulla superficie. Verso l'estremità opposta del Sistema Solare, Urano è così lontano da essere appena visibile a occhio nudo, per chi abbia la vista molto buona. Prova ne sia, che è stato scoperto solo dopo l'invenzione del cannocchiale. Nettuno è il fratello gemello di Urano, ma più lontano ancora, e Plutone è solo un puntino debolissimo, anche con un telescopio medio-grande.

Una nota di carattere personale, tanto per chiarire meglio il significato di quanto ho affermato dal punto di vista di un astronomo amatoriale. Io sono riuscito a vedere sia Mercurio, sia Urano. Una sola volta ciascuno, dopo aver perso molto tempo con le tavole di effemeridi. Li ho visti col mio cannocchiale, come due puntini e basta. Era una questione di principio; trovati una volta, non li ho mai più ricercati, poiché

erano di nessun interesse. Ecco, dunque, perché ci restano solo Venere, Marte, Giove e Saturno. Per fortuna, tutti e quattro sono, a modo loro, molto interessanti.

Un primo problema può essere quello di identificarli in cielo poiché, muovendosi attorno al Sole nelle loro orbite, si proiettano sulla sfera delle stelle fisse in posizioni sempre diverse da notte a notte, anche se non si allontanano mai dall'eclittica. Per fortuna, il loro moto è lento; perfino quello di Venere, che è il più veloce di tutti, è molto più lento di quello lunare. Saturno, poi, può stazionare anni e anni nella stessa costellazione.

Resta il fatto che, in una notte qualsiasi, a un'ora qualsiasi, non è detto a priori che siano visibili pianeti o, almeno, che siano visibili tutti. Come fare, dunque, a riconoscerli, senza avvalersi di un almanacco astronomico, o senza un programma di planetario che, comunque, raccomando al Lettore, perché ormai ne esistono di molto efficaci e gratuiti? Ecco alcuni suggerimenti semplici.

In primo luogo, tutti e quattro i pianeti sono molto brillanti. Nel periodo di avvicinamento alla Terra, quando vale la pena di osservarli poiché il loro diametro apparente è massimo, la loro magnitudine è tale da renderli davvero assai luminosi, in certi casi più di Sirio. Avendo acquisito un minimo di conoscenza delle costellazioni, è impossibile non notarli poiché, dopo il Sole e la Luna, sono tra gli oggetti più brillanti del cielo e, per di più, appaiono “fuori posto”. Mi chiederete: e se apparisse all'improvviso una supernova, magari molto più lontana di Betelgeuse, non sarebbe anch'essa molto brillante? Vero ma, a parte che un evento del genere è abbastanza raro da non dover preoccupare gli aspiranti astrofili, resta comunque un modo per poter distinguere a occhio nudo un pianeta da una stella: la “scintillazione”. Abbiamo spiegato perché le stelle scintillano (ribollire dell'atmosfera). Spieghiamo ora perché la luce dei pianeti, al contrario di quella delle stelle, non sembra scintillare, e si presenta stabile all'osservazione.

Le stelle, anche se viste con i più potenti telescopi terrestri, appaiono puntiformi a qualsiasi ingrandimento (ci sono ormai molte stelle di cui si osserva il disco, lo so,

ma le conclusioni che sto per trarre non cambiano). La luce stellare che arriva al nostro occhio, è un sottilissimo fascio di fotoni, soggetto alle deformazioni ottiche causate dal ribollire atmosferico; la sua intensità, e perfino il colore possono “ballare” istante per istante. I pianeti invece, anche se a occhio nudo ci sembrano puntiformi (con le eccezioni che vedremo tra poco), presentano un disco visibile anche con uno strumento da pochi ingrandimenti. È come dire che la loro luce giunge al nostro occhio come somma di tanti fasci diversi di fotoni. Ciascuno di questi fasci è soggetto, a sua volta, alla scintillazione dovuta all’atmosfera, ma in modo indipendente dagli altri che compongono il fascio di luce complessivo il quale, alla fine, entra nella nostra pupilla. Ciascun fascetto scintillerà per conto suo, ma la media delle varie scintillazioni tenderà a compensarsi, e il fascio totale di luce sarà, mediamente, di gran lunga più stabile dei suoi singoli componenti. A meno che l’atmosfera sia squassata da perturbazioni violentissime, dunque, sarà sempre possibile distinguere un pianeta da una stella, osservando per alcuni istanti la sua luce: quella del pianeta è stabile al passare dei secondi, quella della stella no.

Ci sono, poi, altri metodi per distinguere un pianeta dall’altro. Venere è troppo luminoso, di un bianco senza sfumature e sempre relativamente vicino al Sole (non se ne allontana mai più di 42°), sia che si presenti dopo il tramonto, sia prima dell’alba, per poter essere confuso con qualcos’altro. Marte è di un colore rosso rubino inequivocabile; Giove e Saturno sono bianco-giallini, e il secondo è molto meno brillante del primo. Forse, un osservatore molto inesperto può confondere Giove con Venere, ma basta un minimo di esperienza per imparare a riconoscerli senza problemi. E poi, come stiamo per illustrare, è sufficiente un’occhiata col binocolo per togliersi ogni dubbio.

Venere è sempre stato identificato con divinità molto importanti da qualsiasi popolo dell’antichità, proprio per essere il più brillante oggetto celeste dopo il Sole e la Luna: quando si trova al massimo splendore (mag -4,4) getta ombre chiaramente visibili. Ragioniamo ora sulla geometria dell’orbita di Venere come è vista dalla

Terra. Venere, come già sappiamo, è più vicino al Sole di noi. Quando si trova alla minima distanza dalla Terra, circa 30 milioni di chilometri, sarà dunque invisibile per due motivi, gli stessi per cui anche la Luna nuova è invisibile. In primo luogo perché il pianeta è immerso nella luce solare, in secondo luogo perché l'emisfero di Venere illuminato dal Sole è quello opposto a noi. Venere ha la maleducata abitudine di mostrarci le spalle proprio quando ci si avvicina. Cosa accadrà, invece, quando si trova alla massima distanza dalla Terra (circa 270 milioni di chilometri), e cioè al di là del Sole? A parte che sarà invisibile, sempre a causa della presenza del Sole stesso, e a parte che il suo disco ci apparirebbe, comunque, nove volte più piccolo di quando si trova alla minima distanza, per lo meno lo vedremo "pieno".

Mettiamo assieme questi fatti e concluderemo che, mentre Venere, percorrendo la sua orbita, comincia ad avvicinarsi alla Terra, succederanno tre cose. In primo luogo, lo vedremo allontanarsi dal Sole fino a una distanza massima (definita elongazione) di 42° , che, la sera, ci consentirà di osservarlo anche quando il Sole è tramontato da un paio d'ore buone. In secondo luogo, avvicinandosi a noi, il suo diametro apparente crescerà in modo sensibile. Da ultimo, mostrerà delle fasi in analogia alla Luna, pur seguendo una geometria diversa. Se, infatti, Venere è pieno alla massima distanza dalla Terra, e nuovo alla minima, a distanze intermedie mostrerà fasi intermedie. Per esempio, quando ci appare alla massima elongazione, avrà passato da poco l'ultimo quarto, e quindi lo vedremo come un falchetto abbastanza ampio, che si assottiglierà continuando ad avvicinarsi alla Terra (e rituffandosi verso il Sole). Queste fasi furono scoperte e spiegate per la prima volta da Galileo, il quale, quindi, fornì la prova osservativa che almeno questo pianeta orbita attorno al Sole, e non attorno alla Terra.

Il grande matematico Karl F. Gauss, da ragazzo si era costruito da solo un cannocchiale astronomico rudimentale. con una lente convessa come obiettivo e un'altra lente convessa, di lunghezza focale minore, come oculare. Chiunque abbia un minimo di conoscenze di ottica, sa che un sistema di lenti così semplice ha la

caratteristica di rovesciare le immagini: l'alto si inverte col basso e la destra con la sinistra, ma questo ha poca importanza quando si osservano solo oggetti astronomici, e non anche terrestri. Affascinato dalla forma a falchetto di Venere, il ragazzo pensò di suscitare le meraviglie della madre, mostrandole che non è solo la Luna a presentarsi sotto questo aspetto. La madre di Gauss osservò il falchetto al cannocchiale, dopodiché procurò, senza volerlo, una frustrazione permanente al figlio, chiedendogli perché mai, attraverso quello strano tubo, il falchetto si vedesse a rovescio!

Ebbene sì. Persone dalla vista così acuta da riuscire a vedere a occhio nudo le fasi di Venere, qualche satellite di Giove, e perfino Saturno come oggetto un po' oblungo, sono rare ma non rarissime. Chissà che qualcuno di voi non si scopra membro di questa ristretta schiera. Certo è che, quando Venere si avvicina alla Terra, poco prima che si immerga nel bagliore solare, anche il binocolo sarà sufficiente a mostrarvi le fasi del pianeta.

Se disponete di un piccolo telescopio, il mio suggerimento è di non sprecarlo su Venere, perché questo pianeta è avvolto da un'atmosfera così densa, che nulla mai trapela della sua superficie, come era già chiaro agli astronomi fin dall'800. Le prime mappe dettagliate della superficie del pianeta sono state ottenute solo da sonde spaziali orbitanti attorno a Venere, che ne hanno sistematicamente scandito la superficie per mezzo di onde radar, alle quali lo spesso strato di nubi è, per fortuna, trasparente. Misurazioni dirette di pressione e temperatura alla superficie, ottenute da altre sonde che si sono posate dolcemente sul suolo del pianeta, hanno mostrato che Venere è un vero e proprio inferno. La pressione atmosferica è un centinaio di volte superiore a quella terrestre, la temperatura supera i 400 gradi centigradi.

Come mai tali condizioni su un pianeta che, a parte la sua maggiore vicinanza al Sole, è quasi identico alla Terra come massa? La risposta è nel famigerato "effetto serra". L'atmosfera di Venere è ricchissima di anidride carbonica; questo gas trattiene le radiazioni solari che l'attraversano, facendo sì che il raggiungimento del bilancio energetico – tanta energia arriva dal Sole, tanta ne viene irradiata nello spazio dalla

superficie del pianeta – non si possa ottenere prima che la temperatura salga a valori enormi. Solo a quel punto, l'emissione di radiazione termica riesce a pareggiare quella ricevuta dal Sole.

Non vorrei fare allarmismo, ma sulla Terra produciamo quotidianamente grandi quantità di anidride carbonica che l'ecosfera e gli oceani non sono in grado di riassorbire. La fonte principale deriva dall'uso di combustibili fossili per la produzione di energia, in primo luogo il carbone (un esempio per tutti: in Cina, si apre un nuovo impianto a carbone quasi ogni giorno), ma anche l'azzurro metano che sembra così innocuo. Non ci resta più moltissimo tempo; se entro un secolo al massimo non produrremo la grande maggioranza dell'energia che ci serve per mezzo di processi che non richiedano combustioni chimiche, tipo energia nucleare, dovremo confrontarci con qualcosa che, sia pure ancora alla lontana, potremmo definire “effetto Venere”.

Anche Venere presenta crateri da impatto, ma in misura inferiore a quella della Luna. Ci sono formazioni geologiche, principalmente canyon, che fanno pensare a un'attività crostale, con emissioni di lava, e vulcani. Insomma, Venere è un pianeta non ancora morto geologicamente parlando, sebbene il suo nucleo interno di roccia fusa, Ferro e Nickel su cui galleggiano i continenti, sembri essere più piccolo di quello terrestre. Infatti la craterizzazione, malgrado l'erosione atmosferica debba essere ben più poderosa che sul nostro pianeta, suggerisce che il “riciclaggio” della crosta non sia così efficiente come da noi. Ma ancora ci sono troppe cose da capire, prima di sparare giudizi di questo tipo.

Altro indizio in questo senso, comunque, è il campo magnetico. Quello di Venere non è neppure lontanamente paragonabile a quello terrestre. Una teoria molto ben accreditata, afferma che il campo magnetico sia dovuto a correnti elettriche stimulate dalla rotazione e dal rimescolamento, che si generano nella parte liquida del nucleo di Ferro-Nickel; qualcosa di somigliante a quello che avviene per i campi magnetici solari, ma su scala molto ridotta. La rotazione di Venere è molto più lenta

di quella terrestre e già questo potrebbe influire nel determinare un campo magnetico meno intenso, ma, a conti fatti, anche il nucleo deve essere più piccolo di quello terrestre. E per Venere può bastare.

Marte

Abbiamo già detto che Marte è di colore rosso. Il motivo è più banale di quanto si possa supporre: Marte è “arrugginito” in tutti i sensi, a cominciare da quello letterale del termine. Ma, prima di addentrarci per i deserti marziani, per i vulcani e per i canyon battuti dalle tempeste di sabbia (ci sono perfino i mulinelli definiti “diavoli della sabbia”), approfittiamo di questo pianeta, la cui orbita è immediatamente esterna a quella terrestre, per introdurre una nuova variazione sul tema del moto degli oggetti celesti.

Per semplicità, supponiamo che l’orbita della Terra e quella di Marte siano due cerchi concentrici attorno al Sole. La legge di gravità afferma che, tanto più vicino al Sole orbita un pianeta, tanto maggiore è la sua velocità lungo l’orbita. Dunque, mentre Marte percorre un tratto della sua orbita, la Terra, essendo più vicina al Sole e quindi più veloce, ne percorrerà un tratto più lungo. Come conseguenza, la Terra si troverà a “doppiare” Marte, con una periodicità di poco più di due anni. Cerchiamo di visualizzare come si proietterà Marte sulla sfera celeste, durante questo movimento.

Partiamo con la Terra ancora lontana da Marte; diciamo che l’angolo tra le congiungenti Sole-Terra e Sole-Marte, sia di 90° . Il moto combinato dei due pianeti farà sì che, al passare dei giorni (o meglio, delle notti), Marte visto dalla Terra sembri spostarsi lungo l’eclittica nella stessa direzione secondo la quale lo porta il suo moto di rivoluzione attorno al Sole. Ma la Terra è più veloce, e la sua orbita è più breve di quella marziana. Dunque, i due oggetti si avvicineranno e, a un certo punto, la posizione apparente di Marte lungo l’eclittica smetterà di avanzare; mentre Marte viene doppiato dalla Terra, il suo moto apparente sembrerà essere addirittura opposto a quello reale. È quello che succede in autostrada quando sorpassiamo un camion. Quest’ultimo sembra muoversi all’indietro, sullo sfondo delle montagne lontane,

mentre sappiamo bene che la sua direzione reale di moto è uguale alla nostra.

Durante il periodo di massimo avvicinamento alla Terra, Marte (e come lui Giove e Saturno) sembrerà perciò “tornare indietro” per la strada già percorsa lungo l’eclittica. Solo quando la Terra si sarà allontanata di nuovo, vedremo Marte che, lasciato indietro, ricomincia a muoversi “in avanti”. I moti apparenti dei pianeti sono quindi a fasi alterne: per la maggior parte del tempo il loro moto è “diretto” e vanno avanti lungo l’eclittica, conformemente alla loro reale direzione di moto. Nel breve periodo in cui la Terra li doppia, invece, ripercorrono all’inverso un tratto della loro traiettoria apparente sulla sfera celeste, e questo moto viene definito “retrogrado”.

La presenza dei moti retrogradi, era causa di turbamento nel sistema tolemaico: secondo quella teoria, oggetti ruotanti attorno alla Terra in orbite circolari non potevano, a un tratto, invertire la loro direzione di moto e tornare indietro. Si risolveva il problema supponendo che, oltre all’orbita principale, esistessero altre sotto-orbite più piccole dette “epicicli”. Giostrando con dimensioni e velocità di percorrenza di orbite principali ed epicicli, è possibile costruire sistemi nei quali, senza rinunciare alla centralità della Terra e alla circolarità delle orbite, un pianeta riesce, effettivamente, a muoversi in parte di moto diretto, in parte retrogrado.

Ciò che fece crollare la teoria tolemaica, prima ancora di Galileo, fu l’accumularsi di osservazioni molto precise, in base alle quali la non circolarità delle orbite planetarie (che sono ellittiche) richiedeva che ogni epiciclo fosse, a sua volta, centro di altri epicicli sempre più piccoli. Il sistema diventò così complicato dal punto di vista geometrico, da essere insostenibile, mentre il sistema copernicano, che pone il Sole al centro delle orbite planetarie, si rivelò infine molto più semplice da gestire, geometricamente e matematicamente, sebbene la versione fornita da Copernico, con orbite supposte circolari, creasse anch’essa notevoli imbarazzi. Ci volle Keplero, che scoprì l’ellitticità delle orbite, per rimettere tutto a posto.

Torniamo sul pianeta rosso. Il suo diametro è solo un terzo di quello terrestre, e dunque la sua massa è molto inferiore a quella del nostro pianeta. Ciò nonostante,

Marte somiglia alla Terra più di Venere. Purtroppo, all'osservazione col semplice binocolo, Marte è una grossa delusione, visto che il suo diametro apparente è molto piccolo, e si presenta comunque come poco più di un puntino. Perfino con un discreto telescopio amatoriale, continua a essere un po' deludente, e chi vuole davvero osservare dettagli sulla sua superficie, farà bene ad armarsi di enorme pazienza. Dovrà ricorrere a strategie, le più antiche delle quali sono di usare l'ingrandimento massimo, e aspettare quei brevissimi istanti in cui, per una frazione di secondo, l'agitazione atmosferica si placa un po', e l'immagine appare nitida. Ma, ripeto: si tratta di intervalli temporali brevissimi, tali che l'occhio riesce appena a coglierli, e separati da periodi di decine di secondi, o anche interi minuti, durante i quali si riesce a intravedere soltanto qualcosa di confuso. È per questo motivo che, in passato, l'osservazione planetaria, di Marte in particolare, sia con strumenti amatoriali, sia professionali è progredita più grazie al disegno sistematico, che grazie alla fotografia. Osservando a occhio, ci si sofferma su un pezzettino della superficie del pianeta per volta e, quando si coglie l'attimo fuggente di stasi atmosferica, si disegna immediatamente quel che si è visto. Così facendo, nel corso di una nottata, si riesce di solito a disegnare l'intero emisfero. Ovviamente Marte ruota anch'esso, con un periodo di poco più di 24 ore, per cui la parte di emisfero che si presenta centrale all'inizio delle osservazioni, non lo è più dopo qualche ora.

Fu questa difficoltà osservativa, assieme a una capacità del cervello umano molto utile nei casi più generali, ma subdola quando ci si trova al limite del visibile, a suggerire agli astronomi di fine '800 e inizio '900 l'idea dei famigerati canali di Marte. Il cervello non è, infatti, un semplice analizzatore passivo dei segnali visivi; li interpreta e, a nostra insaputa, li integra quando sono lacunosi, con quello che egli ritiene "più probabile". Ciò si era intuito già da prima delle spedizioni spaziali, anche se furono queste a dire l'ultima parola.

In sostanza, gli astronomi che intravedevano qualche formazione sparpagliata qua e là sul disco del pianeta, non si rendevano conto che il loro cervello aggiungeva

informazioni arbitrarie, tracciando linee congiungenti i pochi dettagli visibili, specialmente se questi ultimi si presentavano più o meno allineati. I disegni della superficie marziana, finivano quindi per essere tempestati di linee continue, e ci volle poco per concludere che si trattava di “canali”, che fu la parola usata da Schiaparelli. Traducendo i suoi scritti, Lowell usò: “channels”, che si riferisce a canali di origine artificiale. Né mancava una buona spiegazione logica all’esistenza di tali formidabili manufatti di ingegneria planetaria. Infatti, la caratteristica osservativa più chiara e inequivocabile di Marte, è la presenza di due poli ghiacciati, che si dilatano e si restringono seguendo un ritmo stagionale. Constatato che mari e oceani non se ne vedevano, gli astronomi dedussero che Marte fosse un deserto, e che l’unica acqua in superficie si trovasse ai poli sotto forma di ghiaccio. Dedussero altresì, arbitrariamente, che i marziani avessero scavato titaniche opere idrauliche, per irrigare l’intero pianeta, convogliando l’acqua derivante dallo scioglimento stagionale dei ghiacci polari.

A questo punto bisognava a tutti i costi comunicare con i marziani. In mancanza della radio, ancora da venire, alcuni cominciarono a fare conti su quanto sarebbe costato costruire, nel deserto del Sahara o in Siberia, immense strutture regolari visibili dai telescopi degli astronomi marziani, per significare loro che anche la Terra era abitata da esseri intelligenti, e per edificare, col tempo, un alfabeto comune per lo scambio di informazioni.

Oggi sappiamo che la realtà è molto più articolata. La pressione atmosferica alla superficie di Marte è così bassa, che l’acqua non può esistere allo stato liquido: o è ghiaccio, oppure sublima in vapore. Inoltre, solo una frazione del ghiaccio polare è ghiaccio d’acqua; una parte è anidride carbonica solida (ghiaccio secco), grazie alla temperatura bassissima che si raggiunge in inverno ai poli marziani. Per il resto, l’intero pianeta è un deserto di sabbia, ma si ritiene ormai di aver dimostrato come questa sabbia sia, in realtà, permafrost, ovvero terreno ghiacciato in profondità, per cui l’acqua non è affatto assente e, anzi, esistono grandi distese di ghiaccio, veri e

propri laghi, nel sottosuolo. Inoltre, a volte, dal bordo di qualche canyon, l'erosione mette a nudo ghiaccio che si liquefa, scorre per qualche centinaio di metri, e finisce per evaporare dopo aver lasciato, in qualche caso, sedimenti ben visibili. Comunque, le formazioni più scure sono solo montagne, o comunque rocce di colore diverso. Niente coltivazioni, come avevano supposto i primi astronomi, gratificando di sfumature verdi quelli che sono solo toni di grigio. Per di più, periodicamente, l'intera superficie del pianeta è spazzata da tempeste di polvere che velano l'atmosfera, con venti che raggiungono, in alcuni casi, 300 chilometri l'ora.

Eppure, durante l'estate, in luoghi assolati, la temperatura nelle zone equatoriali di Marte può salire fino a qualche grado sopra lo zero. Ma soprattutto, sappiamo che su Marte c'è stata molta acqua allo stato liquido, e un'atmosfera assai più densa di quella di oggi, tanto tempo fa, e per lunghi periodi di tempo. Un luogo in cui non era impossibile il sorgere della vita, e la speranza di molti è che questa vita, magari solo batterica, sia sopravvissuta nel sottosuolo, specie nelle zone vulcaniche più calde del resto. Ne sarebbe una spia il metano che s'incontra nell'atmosfera, prodotto continuamente da qualcosa (microbi?), perché, in quelle condizioni, il metano si dissocia rapidamente e sparisce, e dunque, se lo si misura, dovrà pur essercene una sorgente, sebbene possa essere semplice "degassamento" della superficie. Comunque, miliardi di anni fa, quando era ancora giovane, Marte somigliava molto più di oggi alla Terra. Torno sul discorso, perché in questo periodo di esplorazioni spaziali si sta facendo importante. Considerando che le prime cellule viventi si sono generate, negli oceani terrestri, entro i primi 500 milioni di anni di vita del nostro pianeta, non sembra affatto improbabile che una vita primordiale abbia potuto evolversi anche su Marte. Sembrano suggerirlo alcuni presunti fossili (il dibattito è accanito) rinvenuti all'interno di meteoriti trovati in Antartide, e provenienti con certezza da Marte, in seguito a un impatto con un'altra meteorite che, poche decine di migliaia di anni fa, fece schizzare lembi di suolo marziano fino alla Terra.

La superficie di Marte, oltre ai soliti crateri da impatto meteoritico, mostra anche

antichissimi crateri vulcanici veri e propri, tra cui la più imponente montagna dell'intero Sistema Solare: il Monte Olimpo, alto ben 27 chilometri. In confronto, l'Etna è poco più di una fumarola, e mi perdonino i lettori siciliani. E ricordiamo che attività vulcanica significa emissione di gas e vapore acqueo. Ma oltre a ciò, su Marte sono presenti reliquie ben più interessanti: letti di fiumi, di mari e di oceani.

Ma i destini dei due pianeti erano diversi a causa della loro massa. La Terra ha mantenuto un'atmosfera densa; Marte, avendo una gravità bassa, no. E, perdendo l'atmosfera, ha perso anche l'acqua allo stato liquido e, probabilmente, l'eventuale vita primordiale. Oggi Marte è un luogo desolato. Qualcuno pensa che, piantando del muschio in grado di sopravvivere nel fondo dei canyon, dove la pressione atmosferica è un po' maggiore e la condensa notturna potrebbe fornire qualche stilla di rugiada, nel giro di un certo numero di secoli si potrebbe liberare parte dell'Ossigeno che oggi è contenuto negli ossidi (ruggine) che costellano la superficie. Chissà che, grazie all'opera umana, Marte non possa un giorno rifiorire?

Per quanto riguarda la possibilità di osservare Marte, dunque, sintetizziamo così: quando il pianeta raggiunge la sua minima distanza dalla Terra (ogni due anni circa) e si vede quindi sorgere a Est in prima serata, esso presenta il massimo diametro angolare, che è comunque molto piccolo. Il binocolo consentirà di intravedere il disco e, se le condizioni sono eccezionalmente favorevoli, si potrà notare un punto bianco brillante in corrispondenza di una calotta polare. Niente di più. Lavorando con un piccolo telescopio, una telecamera che riprenda migliaia d'immagini del pianeta, e un buon programma di elaborazione di immagini astronomiche, si ottiene molto di più, ma questi ultimi non sono sistemi disponibili al semplice curioso del cielo.

Giove e i suoi satelliti

Chiunque possieda già un'infarinatura di astronomia, sa che, nell'enorme spazio che separa Marte da Giove, ci sarebbe posto per un altro pianeta. In zona, orbitano infatti moltissimi oggetti, ma a nessuno di essi è stata ufficialmente concessa la dignità di pianeta vero e proprio. Le forti perturbazioni gravitazionali dovute alla vicinanza del gigantesco Giove hanno impedito a un protopianeta di compattarsi; parte della sua materia è sfuggita via, e oggi restano solo un gran numero di asteroidi e pianeti minori, il più grande dei quali, Cerere, ha un diametro di soli 300 chilometri. E se pure tutti gli asteroidi riuscissero a coagularsi tardivamente in un solo oggetto, il diametro di quest'ultimo non supererebbero i 500 km, e resterebbe dunque un pianetino insignificante. Nulla che possa interessarci, a parte l'eventualità che qualcuno di questi macigni possa venire a collidere con la Terra, come è già successo nel passato.

Arriviamo al re dei pianeti e degli dei: Giove. Il binocolo non potrà darci la soddisfazione di distinguere dettagli sulla superficie di questo interessante campione della fauna celeste, il cui diametro supera di 11 volte quello della Terra. Potremo comunque vedere il disco, accorgerci che non è propriamente circolare, ma ellittico perché molto schiacciato ai poli. Soprattutto, potremo seguire, sia pure con una certa pazienza, le evoluzioni di quattro oggetti che, nel passato, hanno avuto enorme importanza nella storia dell'astronomia, e la stanno in parte riacquistando oggi da un diverso punto di vista: i Pianeti Medicei. Così, infatti, Galileo battezzò i quattro satelliti maggiori di Giove e cioè: Io, Europa, Ganimede e Callisto. Le loro dimensioni sono enormi tanto che, se non fossero paggi nella corte di Giove, ma si fossero conquistati dei feudi in orbita attorno al Sole, ciascuno di essi sarebbe considerato un pianeta a buon diritto.

Al pari delle fasi di Venere, i pianeti medicei sono una scoperta mancata dell'astronomia pre-telescopio. Infatti, sono numerose le persone dalla vista così acuta da riuscire a distinguerli a occhio nudo, se già sanno che ci sono. Al binocolo si presentano come puntini luminosi a destra e a sinistra del disco del pianeta. È raro vederli tutti e quattro contemporaneamente, poiché orbitano molto vicino a Giove, ed è facile che qualcuno di essi stia passando davanti o dietro al gigante. In ogni caso basta vederne uno o due per individuare l'asse che taglia l'equatore di Giove, e sapere dove cercare lo schiacciamento polare, se non risulta evidente già a una prima occhiata. Essendo il periodo orbitale dei quattro molto breve, basta riguardare un paio d'ore dopo, e si nota il loro spostamento. Qualcuno si è tuffato verso il disco del pianeta, qualche altro ne è emerso.

L'importanza storica dei satelliti gioviani fu di essere la prova evidente (oltre a quella fornita dalle fasi di Venere), che non è la sola Terra a costituire il centro attorno a cui ruotano alcuni oggetti celesti. Essi ebbero anche un ruolo fondamentale nella determinazione della velocità della luce. L'astronomo Roemer si accorse, infatti, che quando Giove si trovava nella parte della sua orbita più lontano dalla Terra, e cioè era prossimo a divenire invisibile nel bagliore solare, i suoi satelliti sembravano seguire con un ritardo di alcuni minuti le tabelle di moto per essi previste in base alla legge di gravità. Correttamente, interpretò questo scarto come dovuto al tempo impiegato dalla luce a trasmettere fino alla Terra l'informazione sulla loro posizione reale. Conoscendo le distanze all'interno del Sistema Solare, fu quindi facile calcolare la velocità della luce.

L'osservazione di Giove con un modesto telescopio è molto remunerativa. Il pianeta è, infatti, ricoperto da bande e macchie, indice di un'attività atmosferica intensissima. Inoltre, poiché il periodo di rotazione è di sole otto ore (di qui l'enorme forza centrifuga all'equatore, e la forma così ellittica del pianeta), le macchie cambiano rapidamente posizione al trascorrere del tempo, e alcune spariscono mentre ne compaiono di nuove. Di particolare interesse sono le fasce equatoriali che, in notti

di atmosfera particolarmente immobile, appaiono frastagliate e piene di granulazioni, e bisogna pure citare un oggetto peculiare nell'emisfero Sud, già notato da Galileo: la cosiddetta "Grande macchia rossa", sulla quale torneremo tra poco.

In ogni caso, per l'osservazione telescopica di Giove, vale quanto già detto per Marte: non sperate di poter cogliere l'immagine del pianeta tutta assieme, poiché la turbolenza atmosferica non ve lo consentirà mai. Se volete divertirvi, disegnate invece preventivamente l'ellisse corrispondente all'emisfero del pianeta (un cerchio non è un'approssimazione valida, in questo caso), e, durante l'osservazione, riportatevi i dettagli, via via che i brevi istanti di calma atmosferica ve lo consentiranno. Ricordatevi, però, di sbrigarvi! Giove ruota come un forsennato, e bastano dieci minuti per far spostare un po' le configurazioni. Usate matite colorate, poiché bande e macchie possono mostrare sfumature di colore molto diverse.

Giove è un immenso globo di gas, con un piccolo nucleo solido (piccolo per modo di dire: è molto più grande della Terra). In buona misura, la sua composizione chimica superficiale somiglia a quella solare, essendo formato principalmente da Idrogeno ed Elio; ma sono presenti in grande quantità anche metano, ammoniaca, anidride carbonica e altre molecole. Non possiede, dunque, una superficie solida; o, per meglio dire, la superficie del nucleo solido di roccia, al centro del pianeta, è a profondità tale che, per quanto riguarda l'apparenza esterna e le possibilità offerte dalle tecnologie attuali, se decidessimo di inviare una sonda spaziale a posarci sopra, non ci riusciremmo.

Cominciamo, invece, a conoscere abbastanza bene la meteorologia dell'alta atmosfera di Giove, e quel che ne sappiamo ci convince che non è una località di villeggiatura ideale. La frizione dovuta al fatto che zone confinanti a latitudini diverse ruotano a velocità diverse (analogamente al caso solare) crea, ai bordi di queste regioni, uragani di dimensioni non immaginabili su scala terrestre. Basti per tutti la Grande macchia rossa, che altro non è se non il più poderoso di questi uragani. Da quando lo vide Galileo, secoli fa, non ha mai cessato di imperversare; per quanto

possiamo capirne seguirà a rappresentare lo scarico privilegiato delle turbolenze del pianeta finché quest'ultimo non rallenterà abbastanza il suo moto di rotazione, al passare dei miliardi di anni. Questo tornado o *Maelstrom* su scala planetaria, è di forma ellittica, penetra per un bel po' nell'atmosfera del pianeta mettendo a nudo strati più profondi, ed è largo una volta e mezza il diametro terrestre. Ogni tanto, si generano altri uragani, ma di dimensioni minori e di durata effimera (sempre per modo di dire).

Ancora più interessante è lo spettacolo offerto dall'emisfero notturno di Giove, alle sonde spaziali che lo hanno sorvolato. C'è intensa attività temporalesca, con fulmini proporzionati alla mole e all'energetica dell'atmosfera gioviana. L'unica navicella spaziale, la Galileo, che, frenata da sistemi di palloni e paracadute, vi si è avventurata, non ha avuto vita lunga, anche se ha fornito informazioni di enorme interesse sulla chimica e la fisica degli strati superiori del pianeta.

Nella fantascienza, e nell'immaginario del semplice curioso di astronomia, si incontra talvolta l'ipotesi di riuscire, in un remoto futuro, ad accendere Giove come un piccolo Sole che fornisca luce e calore alle sue lune, consentendovi l'insediamento della vita. Vedremo come la realtà sia, per alcuni versi, più prosaica della fantasia, per altri, la superi abbondantemente. In ogni caso, alla base di queste riflessioni, c'è la sensazione che Giove, così grosso e così somigliante al Sole come composizione chimica, sia in qualche misura una "stella mancata".

Se definiamo "stella" un oggetto che irradia luce grazie all'energia generata al suo interno dalle reazioni di fusione nucleare dell'Idrogeno, bisogna ammettere che Giove ha mancato lo stato stellare di un bel po'. La sua massa avrebbe dovuto essere cento volte maggiore di quanto sia in realtà, per potersi accendere come la più debole e languida delle stelline, e anche così, nel cielo notturno della Terra, la sua luce sanguigna avrebbe a malapena gareggiato con quella della Luna piena. Diciamo che sarebbe stato un impaccio in più alle osservazioni astronomiche.

A essere generosi, e anche definendo "stella" un oggetto che non ce la fa a

innescare in modo stabile le reazioni dell'Idrogeno, ma che, per breve tempo, riesce comunque a bruciare nuclearmente quel poco Deuterio che faceva parte della sua composizione chimica iniziale, brillando di luce propria per pochi milioni di anni e poi spegnendosi per sempre come nana bruna, Giove ha fallito clamorosamente. Pure in quest'ultimo caso, sarebbe stata richiesta, infatti, una massa una ventina di volte maggiore, e quindi, il re del nostro sistema planetario è, in realtà, un assoluto plebeo nella gerarchia nobiliare stellare. Eppure, c'è qualcosa che lo rende nobile lo stesso.

Misurando la quantità di energia emessa da Giove, si trova che questa è circa il doppio di quanta il pianeta ne riceve dal Sole. Da dove viene fuori l'energia in eccesso? Dal residuo del calore di formazione. Infatti, benché la temperatura dell'atmosfera di Giove sia inferiore ai cento gradi sotto zero, verso l'interno gli strati di gas sono via via più caldi, fino a raggiungere qualche decina di migliaia di gradi al centro. Ricordiamo, per confronto, che la temperatura al centro della Terra è di circa seimila gradi, più o meno come la temperatura superficiale del Sole. Se, dunque, potessimo tagliare uno spicchio di Giove, e mettere a nudo il suo nucleo, questo brillerebbe di un bianco-azzurro abbagliante. Alla sua nascita, Giove doveva essere caldissimo, grazie all'enorme quantità di materia rastrellata nei dintorni, poiché durante gli impatti di planetesimi che andavano a costruire il proto pianeta, l'energia cinetica veniva trasformata in calore. Tanto maggiore la massa, tanto maggiore la quantità di calore accumulato, e Giove lo sta ancora cedendo attorno a sé, dopo quattro miliardi e mezzo di anni dalla nascita. In questo senso, anche se definirlo stella sarebbe comunque troppo, Giove è per lo meno un pianeta molto vivo e attivo. Ma, né il suo Idrogeno né il suo Deuterio potranno mai essere "accesi" per illuminare le sue lune. D'altronde non ce ne sarebbe bisogno, visto che Giove già le riscalda in un modo che non ci era venuto in mente, finché non abbiamo visto le prime immagini della superficie di Io, inviate da una sonda spaziale.

Il satellite Io, malgrado la sua massa sia troppo piccola perché possa ancora presentare attività interna di tipo terrestre, è costellato di vulcani in eruzione. Il suo

interno è, quindi, ancora allo stato fluido, e la sua superficie soggetta a intensi e continui movimenti. La causa del calore presente all'interno di Io, va ricercata nelle enormi forze di marea esercitate da Giove. Le rocce di Io, sotto l'azione di queste forze, non fanno altro che comprimersi e dilatarsi, riscaldandosi per l'attrito fino a fondere. Si potrebbe fare l'analogia con un forno a microonde: Giove non riscalda la superficie di Io, ma direttamente l'interno.

Il secondo, grosso satellite, Europa, è più lontano da Giove, ma anche su di esso le forze di marea operano un riscaldamento non indifferente. La superficie di Europa è infatti completamente ghiacciata, ma nel ghiaccio si vedono enormi crepe, la cui origine non deve essere lontanissima nel tempo. La superficie, per quanto fredda, è dunque attiva, e ciò fa pensare all'esistenza di grandi oceani di acqua allo stato liquido nelle profondità del satellite. Anche la colorazione del ghiaccio superficiale suggerisce continui rimescolamenti con materiali ricchi di fango, al punto che Europa è stato classificato come obiettivo importante per la ricerca di vita extraterrestre. Non si può, infatti, escludere che abbia mantenuto sacche di acqua liquida per miliardi di anni: in tali condizioni la chimica organica può fare tante cose. Per Ganimede la situazione è meno chiara, anche se i suoi ghiacci superficiali sembrano mostrare qualche vecchia ferita. Il discorso, però, potrebbe non essere troppo diverso da quello relativo a Europa. Callisto, sembra invece troppo lontano da Giove perché le forze mareali possano riscaldarlo abbastanza, da consentirgli di mantenere bacini di acqua allo stato liquido.

Una curiosità: all'osservazione con un piccolo telescopio, è piuttosto frequente riuscire a distinguere uno o due punti neri molto nitidi sulla superficie di Giove. Attenzione: non si tratta delle famose macchie cicloniche, i cui contorni sono sempre un po' sfumati. Sono, invece, le ombre proiettate dai satelliti, che in quel momento stanno passando davanti al disco del pianeta.

Oltre ai quattro Pianeti Medicei, Giove possiede una gran quantità di altri satelliti più piccoli (non sappiamo con esattezza quanti) e un sottile anello, non

visibile da Terra se non con telescopi orbitali. Passiamo ora a descrivere il fratello minore, ma più elegante, di Giove: Saturno, con i suoi anelli e col suo satellite principale, Titano.

Saturno e i suoi anelli

Saturno ha un posto di rilievo tra i gioielli di famiglia del Sistema Solare, a causa del magnifico anello che lo circonda. Date le conoscenze dell'astronomia moderna, sembra probabile che l'universo sia pieno di "saturni"; sta di fatto che, nello spazio per ora a noi accessibile, altre bellezze pari alla sua, non ce ne sono.

Purtroppo, è anche molto lontano dalla Terra, per cui l'angolo sotto cui lo vediamo è piccolo. Galileo si accorse che Saturno doveva essere peculiare in qualche modo, e lo descrisse, inizialmente, come un pianeta triplo: un grosso corpo centrale e, praticamente attaccati, due altri corpi laterali di minori dimensioni. Se la meccanica celeste non gli avesse giocato un tiro mancino, Galileo, probabilmente, avrebbe avuto la possibilità di rendersi conto che i due presunti corpi laterali corrispondevano a un anello. Ma non andò così. Perché?

Il Lettore avrà ormai familiarità con i problemi che si incontrano in astronomia, a causa del fatto che gli assi di rotazione dei corpi planetari non sempre sono perpendicolari ai loro piani di rivoluzione attorno al Sole. Nel caso terrestre, ciò si traduce in una differenza tra l'equatore celeste e la traiettoria del Sole e dei pianeti sullo sfondo delle stelle fisse (eclittica). Anche l'asse di rotazione di Saturno non è perpendicolare all'eclittica: ragionandoci sopra, capiremo per quale motivo questa è una fortuna, almeno dal punto di vista di un osservatore terrestre.

L'anello di Saturno è disposto esattamente attorno all'equatore del pianeta. Se l'asse di rotazione di Saturno fosse perpendicolare all'eclittica, da qualsiasi posizione lungo questo piano (e quindi anche dalla Terra) l'anello si vedrebbe esattamente di taglio. Poiché il suo spessore è sottilissimo, alla distanza di Saturno esso sarebbe del tutto invisibile, e solo le sonde spaziali avrebbero potuto scoprirlo. Poiché, invece,

l'asse di rotazione di Saturno non è perpendicolare all'eclittica, riusciamo a vedere l'anello un po' di sghembo.

Cosa succede, però, via via che Saturno, muovendosi attorno al Sole, percorre la sua orbita? Ci saranno periodi durante i quali l'anello, visto dalla Terra, si presenta quasi di piatto (ossia come una ellissi piuttosto ampia) e periodi durante i quali si presenta, invece, di taglio (e quindi è invisibile). Per convincervene, fate questo esperimento: chiedete a qualcuno di prendere un piatto e, tenendolo sempre inclinato di un certo angolo rispetto alla verticale, di cominciare a camminare attorno a voi sempre mantenendo il piatto puntato nella stessa direzione. Vi accorgete che il piatto mostra la massima superficie quando si trova proprio di fronte a voi, mentre si mostra di taglio quando si trova alla vostra destra o sinistra. Questo è ciò che avviene con l'anello di Saturno. Galileo cominciò a osservarlo mentre si trovava di piatto, ma il moto del pianeta era tale che, nel giro di circa sette anni, l'anello si dispose di taglio, e divenne invisibile. Aspettando altri sette anni, Galileo avrebbe potuto rivederlo al massimo dell'apertura, ma in cielo c'erano tante altre cose interessanti da osservare per la prima volta, il nostro stava invecchiando e la sua vista si indeboliva, e oltretutto cominciava ad avere vicende giudiziarie che lo assorbivano abbastanza, per cui non si preoccupò più oltre delle stranezze di questo oggetto peculiare.

Il pianeta Saturno è molto somigliante a Giove, solo un po' più piccolo. La sua superficie mostra, dunque, bande e macchie, anche se abbiamo ragione di credere che la sua meteorologia sia meno violenta di quella del fratello maggiore. Ma solo "un po' meno violenta". Aurore boreali, e uno strano "esagono polare" ancora inspiegato, mostrano che si tratta di un buon soggetto di studio. Comunque sia, non è un posto ideale per viverci, secondo gli standard terrestri.

Ma parliamo dell'anello o, per meglio dire, degli anelli. All'osservazione col binocolo, Saturno si distingue per non avere una forma circolare, ma non è possibile separare il corpo del pianeta dall'anello; a un piccolo strumento telescopico, l'anello si presenta in tutta la sua bellezza, potendosi addirittura intravedere un po' dell'ombra

da esso gettata sul disco del pianeta, ma occorrono strumenti professionali per accorgersi che l'anello è separato in un certo numero di anelli concentrici. Soltanto visto da vicino, da una sonda spaziale, l'anello si rivela costituito da centinaia o migliaia di anelli sottili, a volte addirittura avviluppati l'un l'altro, a causa delle interferenze gravitazionali di piccolissimi satelliti di Saturno che vi orbitano vicinissimi, o quasi dentro.

Perché Saturno possiede un anello, e come è fatto quest'ultimo? Ecco alcune risposte preliminari, e molto semplificate.

Qualsiasi corpo celeste esercita la sua forza di gravità nello spazio circostante, e tale forza è tanto più intensa quanto più ci si avvicina alla superficie del corpo. Supponiamo che, in tempi remotissimi, Saturno possedesse un satellite orbitante molto vicino alla sua superficie. Come fa Giove con Io, riuscendo a scaldarlo fin quasi a liquefarlo, anche Saturno avrebbe esercitato enormi forze di marea su questo satellite.

Per chi non lo ricordasse, la forza di marea è dovuta al fatto che l'attrazione gravitazionale esercitata da un pianeta su un satellite (e viceversa) è maggiore sulla faccia del satellite rivolta verso il pianeta, e minore sulla faccia opposta, poiché quest'ultima è più lontana dal pianeta, mentre la prima è più vicina. La differenza tra le forze agenti sulle due facce si manifesta, a sua volta, come una forza che tende ad "allungare" il satellite lungo l'asse che lo congiunge col centro del pianeta. Così si spiegano, per esempio, le maree esercitate dalla Luna sugli oceani terrestri: il livello dell'acqua si innalza sia in direzione della Luna, sia in direzione opposta (nel corso di ventiquattr'ore si verificano ben *due* maree, e non una sola, quando la Luna è a perpendicolo).

Torniamo, dunque, all'ipotetico satellite perduto di Saturno. A conti fatti, si dimostra che esiste una distanza minima tra due corpi celesti, al disotto della quale le forze di marea esercitate dal corpo maggiore su quello minore sono così intense, da spaccare letteralmente in due quest'ultimo. I frammenti, poi, si spaccano a loro volta,

e così via, fino a raggiungere blocchi dalle dimensioni di poche centinaia di metri. Questi ultimi, collidendo tra loro, si frammentano ulteriormente, fino a produrre graniglia, sassi e qualche macigno. Questo è, forse, ciò che è accaduto a un mal cauto satellite primordiale che si è avventurato troppo vicino a Saturno, anche se, in base ad altre ipotesi più convincenti, non c'è bisogno d'ipotizzare una catastrofe cosmica del genere. È infatti possibile che, molto più semplicemente, la materia residua esistente nei dintorni del pianeta appena formato, per l'influenza delle perturbazioni gravitazionali esercitate da quest'ultimo, non abbia avuto la possibilità di condensarsi in un unico corpo satellitario, generando la molteplicità di anelli. Abbiamo, dunque, imparato due cose: la prima è che il meccanismo che ha dato origine agli anelli di Saturno è, probabilmente, abbastanza comune nell'universo, e possiamo quindi attenderci che anche altri sistemi planetari extrasolari siano allietati da uno o più fenomeni del genere. La seconda, è che gli anelli sono composti da sassi, graniglia, ghiaccio e macigni isolati di dimensioni massime di qualche metro. L'anello non è, dunque, compatto, tanto è vero che alcune sonde spaziali vi sono passate attraverso senza riportare danni.

Ultima curiosità: il rapporto tra il diametro e lo spessore degli anelli è del tutto spropositato. Il loro diametro, infatti, è dell'ordine di grandezza di 100 mila km; il loro spessore forse non raggiunge 10 km, anche se, riguardo a quest'ultimo valore, c'è ancora molto da lavorare, visto che le influenze gravitazionali delle lune di Saturno riescono perfino a far attorcigliare gli anelli tra loro.

Abbiamo parlato delle lune di Saturno. Una di queste è veramente enorme, e non a caso prende il nome di Titano. È visibile sia con un piccolo telescopio, sia con il binocolo, come puntino luminoso nelle immediate vicinanze di Saturno. Basta osservarlo a poche ore di distanza, per capire che non si tratta di una stella, poiché si sposta rapidamente rispetto al pianeta.

Titano è un altro dei luoghi potenzialmente interessanti del Sistema Solare per quanto riguarda la ricerca della vita. È infatti possibile che le maree esercitate da

Saturno mantengano abbastanza caldo, allo stato liquido, una parte del suo interno, ma le sonde spaziali che vi sono passate accanto (una vi è atterrata, su fanghiglia di sabbia e metano liquido) hanno mostrato la presenza di colline, laghi di metano liquido, e attività tettonica. Inoltre, la massa di Titano è così elevata, e la sua temperatura superficiale così bassa, da avergli consentito di mantenere una congrua atmosfera. Essa è composta da gas che nessuno di noi vorrebbe respirare, ma probabilmente è imparentata alla lontana con la primitiva atmosfera terrestre, prima che miliardi e miliardi di generazioni di cellule primordiali, negli oceani, la liberassero dai composti velenosi(per noi) e mettessero in circolazione l'Ossigeno. Dunque, si tratta di un luogo in cui la chimica organica può progredire; chissà?

Un'ultima indicazione per chi desideri osservare Saturno. Poiché la sua luminosità non è eccezionale, può essere non immediato individuarlo per la prima volta. Poi, però, è facile ritrovarlo. Infatti, per compiere una rivoluzione completa attorno al Sole esso impiega circa trent'anni. Dunque, il suo moto sulla volta celeste è molto lento; di anno in anno lo ritroveremo sempre più o meno "in zona" .

Prima di passare ad altri argomenti, insistiamo su un concetto che è emerso parlando dei satelliti di Giove e Saturno. L'osservazione di pianeti attorno ad altre stelle, tende a scovare preferenzialmente i più grandi, di tipo "Gioviano", e questo è abbastanza ovvio. Così, sembra che i pianeti di tipo "Terrestre", rocciosi, non siano frequenti nel cosmo, Probabilmente ciò non è vero ma, anche se fosse, restano i satelliti dei pianeti giganti, come luoghi preferenziali dove potrebbe essersi sviluppata la vita. Teniamolo a mente!

Il cielo mutevole

Finora, abbiamo parlato del cielo come di un orologio perfetto, in cui la sfera delle stelle fisse è immutabile, mentre gli oggetti del Sistema Solare seguono ritmi precisi, ben scanditi, e prevedibili in modo del tutto deterministico. Non esiste proprio nulla, che venga a turbare questa completa serenità, almeno saltuariamente?

Qualche indizio di cambiamenti già l'abbiamo fornito. Un giorno non troppo lontano, Betelgeuse ci farà vedere i fuochi d'artificio. Sappiamo pure che alcune stelle cambiano di luminosità in modo periodico, ma ce ne sono altre (non poche, per la verità), la cui variabilità si presenta casuale. Abbiamo appreso, inoltre, che le stelle si muovono, sia pure su tempi scala lunghi, come nel caso degli ammassi aperti, le cui componenti originarie si disperdono via via nella galassia. La teoria dell'evoluzione stellare ci ha pure insegnato che le stelle nascono, vivono e muoiono, e abbiamo osservato col nostro binocolo qualche reparto maternità, e qualche cimitero stellare. Resta, comunque, l'impressione generale di un cielo di gran lunga "invariabile", rispetto ai ritmi e ai tempi della vita umana.

Eppure, basta pensare un attimo per farci venire in mente almeno un paio di classi di oggetti che, nel passato come nel presente, hanno sempre suscitato l'interesse degli astronomi, specialmente non professionisti, proprio per la loro comparsa improvvisa e spesso imprevedibile, e per il loro transitare fugace nei cieli: le "stelle nuove" e le comete.

Cominciamo con le "stelle nuove". Questo fenomeno era già noto agli antichi, i quali avevano osservato come, abbastanza di frequente (ogni anno o due in media), si accendesse, in cielo, qualche stella mai vista prima, a volte debole, e a volte piuttosto brillante. All'apparizione improvvisa, faceva poi seguito un declino nella visibilità per settimane o mesi, fino a completa sparizione. Stelle *novae*, dunque, per dirla in

Latino. In questa categoria, venivano classificate anche quelle che oggi definiamo supernove, della cui natura fisica abbiamo già parlato a sufficienza, e che si presentano molto più raramente (a distanze di secoli). Cosa sono allora le *novae*?

Non sono affatto stelle appena nate, anzi sono vecchie, vecchissime. Utilizzando una metafora antropocentrica, e un po' macabra, potremmo dire che si tratta di fantasmi, o zombi, di stelle già morte da un pezzo, evocati da una particolarissima chiromante, che si manifestano per breve tempo in modo appariscente, per poi riprendere posto nella loro tomba.

Fuori di metafora, riprendiamo alcuni concetti sull'evoluzione delle stelle, e applichamoli al caso, frequentissimo, in cui la stella non viva la sua vita come *single*, ma in coppia. Due stelle di massa differente, che orbitano attorno al comune baricentro, abbastanza vicine l'una all'altra. Ne abbiamo già incontrate: Mizar ne è un esempio. Abbiamo parlato di masse differenti. Sappiamo pure che, maggiore è la massa di una stella, minore è la durata della sua vita, prima di spegnersi come nana bianca. Dunque, vi saranno casi in cui una stella normale, ancora viva, è vedova, avendo per compagna una stella morta, una nana bianca. Anche in questo caso, abbiamo già incontrato un esempio: Sirio.

Ricordate, poi, il discorso sulle forze di marea, e sul satellite distrutto di Saturno? Proviamo ad applicarlo al caso di queste stelle doppie, una delle quali sia ormai defunta. Quest'ultima è ben compatta, dura come un diamante (si fa per dire) e la forza di gravità alla sua superficie è 100 mila volte superiore a quella terrestre. Per strapparle un brandello di materia, non basterebbe una bomba termonucleare. La sua compagna invece è una stella normale, come il Sole. Anche alla sua superficie la gravità non scherza (una trentina di volte superiore a quella terrestre), ma nulla a che vedere con la nana bianca. Se queste due stelle, orbitando attorno al comune baricentro, si avvicinano abbastanza tra loro – e c'è una precisa legge di natura per cui questo deve avvenire, ma credetemi sulla parola – può accadere che la nana bianca cominci a succhiare un po' della materia, ricca di Idrogeno, che si trova alla

superficie della stella compagna.

Che fine fa questa materia? Precipita sulla superficie della nana bianca, e laggiù si ferma. Al passare delle centinaia, o migliaia di anni, si forma, dunque, sulla stella morta, uno straterello via via più spesso d'Idrogeno. Quando se ne è accumulato circa un decimillesimo di massa solare, questo Idrogeno "prende fuoco" in modo brusco, con un'esplosione immane, che riporta la nana bianca a una luminosità milioni di volte superiore a quella che le sarebbe stata propria. Non che la stella morta resusciti in senso stretto; tutto succede in una sottile pellicola alla sua superficie, ma per settimane e mesi, l'Idrogeno accumulato si trasforma in Elio, mantenendo una parvenza di vita. Dal punto di vista osservativo, la stella può balzare su di una quindicina di magnitudini.

Supponiamo, dunque, che in cielo, a una certa distanza da noi, esista uno di questi sistemi. Tanto per mettere qualche numero a caso, facciamo l'ipotesi che la stella normale ci appaia di mag 8, invisibile, dunque, a occhio nudo e appena visibile al binocolo. La nana bianca sarà ancora più debole, diciamo di cento volte. Poiché un fattore 100 nella luminosità corrisponde a cinque magnitudini, la nana bianca sarà di mag 13. Occorrerebbe un telescopio da mezzo metro di diametro per riuscire a vederla.

Ecco che avviene l'esplosione. La nana bianca salta su di 15 magnitudini, e raggiunge dunque mag -2. più brillante di Sirio, e tale resta per settimane. Non c'è da meravigliarsi se gli antichi commentassero: «È nata una nuova stella!» Al passare dei mesi, l'Idrogeno si consuma in parte, e un altro po' viene espulso nell'esplosione, dando un violento "schiaffone" alla stella compagna la quale, poveretta, non aveva fatto nulla di male, se non lasciarsi un po' parassitare. La nova s'indebolisce, si spegne del tutto e, nel giro di alcuni anni, torna a essere nient'altro che la nana bianca di prima. Il sistema si riassetta e, dopo un po', ricomincia il trasferimento di massa dall'una all'altra. Altre centinaia o migliaia di anni, e abbiamo un nuovo botto.

Concludiamo perciò che perfino le *novae* non sono fenomeni transitori in senso

stretto. Si ripetono, anche se il loro periodo è così lungo che gli astronomi hanno fatto molta fatica ad accorgersene e, nella maggior parte dei casi, soltanto osservazioni e calcoli molto raffinati ci dicono che, tra cinque o diecimila anni, avrà luogo una nuova esplosione. Finora, gli unici fenomeni del tutto irripetibili che abbiamo incontrato sono le *supernovae*.

Dal molto lontano, passiamo ora al molto vicino, e descriviamo il più cospicuo dei fenomeni celesti transitori, quello che arriva sui giornali e in televisione: il passaggio di una cometa.

Il grande astronomo italiano dell'800 Giovanni Schiaparelli, di cui abbiamo già parlato, dedicò molto del suo tempo a studiare le comete (e Marte, di cui disegnava mappe molto accurate, ma contaminate dalla presenza di canali). A chi gli chiedeva quale fosse l'utilità pratica dello studio delle comete, egli rispondeva: «Per esempio, serve a non averne più paura». Doveva essere un inguaribile ottimista, visto che ancor oggi ci sono persone convinte dell'abbinamento tra comete e disastri. D'altronde, sempre per citare Schiaparelli, comete in cielo, e disgrazie in terra, non ne sono mai mancate: chi volesse metterle in corrispondenza, non troverebbe che l'imbarazzo della scelta.

Da dove vengono, e come sono fatti, questi oggetti che sporadicamente arricchiscono i nostri cieli di festoni? Vengono dai confini del Sistema Solare. Ricordate quando parlammo della nascita delle stelle a partire da nubi di gas e polvere? Un residuo della nube primordiale da cui si è formato il Sistema Solare, è ancora rimasto al suo posto, fino a una distanza di circa un anno luce dal Sole. È una specie di guscio sferico, molto rarefatto, di blocchi di ghiaccio delle dimensioni di qualche chilometro ciascuno, e pianetini sul tipo di Plutone. Quest'ampia zona prende il nome di "Nube di Oort", dal nome dell'astronomo che per primo ne ipotizzò l'esistenza. Gli iceberg cosmici ivi contenuti sono lontanissimi l'uno dall'altro, e la probabilità che vengano a collidere tra loro è infinitesima. Ma percepiscono il campo gravitazionale del Sole, e delle altre stelle che transitano nei nostri dintorni. Così,

saltuariamente, una perturbazione del campo gravitazionale può spingerli fuori rotta. In questo caso, invece di restarsene a ruotare per l'eternità a distanze così enormi, alcuni vengono indirizzati verso le regioni più interne del Sistema Solare. Quelli che si approssimano di più, possono essere perturbati dai campi gravitazionali di Giove e Saturno, e acquistare infine un'orbita che li porta ad avvicinarsi molto al Sole, per poi allontanarsene, riavvicinarsi, e così via, secondo orbite molto più ellittiche di quelle planetarie.

Sono appunto le comete, sorgente di vita per la Terra primordiale, in quanto furono loro a portarle l'acqua che, alla distanza dal Sole a cui si formò il nostro pianeta, era evaporata, e si trovava solo verso Giove e oltre. Grossi blocchi di ghiaccio parzialmente ricoperti da una crosta di polvere che, avvicinandosi molto al Sole, cominciano a sentire l'influenza del suo calore. Le parti di superficie non protette dalla polvere si riscaldano ed evaporano; il gas (vapore acqueo, anidride carbonica, metano, ammoniaca) fuoriesce, portandosi appresso un po' di altra polvere presente anche all'interno, e forma dapprima un grosso, e tenue, involucro attorno all'iceberg centrale: 100 mila km di diametro o anche più. È la parte più luminosa della cometa, cui diamo il nome di "chioma". Avvicinandosi ulteriormente al Sole, questa miscela di gas e polvere comincia a essere spinta all'indietro dal vento solare, e forma una coda che, guarda caso, prende proprio il nome di "coda". La sua lunghezza può essere di milioni di km, ed è sempre rivolta in direzione contraria al Sole, poiché è proprio il flusso di particelle uscenti dal Sole a darle forma e dimensione.

La cometa passa alla minima distanza dal Sole (alcune vi cadono dentro), e ricomincia ad allontanarsi. Si raffredda, smette di evaporare, e si tuffa di nuovo nello spazio profondo, per tornare dopo anni, secoli o millenni, a seconda di quanto è allungata (ellittica) la sua orbita. La più famosa, ma non la più bella, delle comete conosciute, quella di Halley, ha per esempio un periodo di ricorrenza di circa 75 anni. I lassi di tempo durante i quali una cometa è meglio osservabile, sono quelli che

precedono o seguono di poco l'incontro ravvicinato col Sole, poco prima dell'alba o subito dopo il tramonto. In tali fasi, infatti, la cometa è abbastanza calda, e quindi emette molto gas, ma non è sopraffatta dalla luce solare.

Osservare comete a occhio nudo richiede una postazione con cielo molto buio; la chioma è spesso abbastanza luminosa, ma la coda, che è anche molto più interessante da vedere, lo è assai meno, e spesso sparisce del tutto nel cielo luminoso delle città. Meglio se si può usare il binocolo, poiché questo aumenta la luminosità; inoltre il suo campo di vista è abbastanza ampio da comprendere non solo la chioma, ma anche un bel tratto di coda. Non altrettanto utile è un telescopio, visto che il maggior ingrandimento ottenibile con questo strumento va a scapito della luminosità e del campo di vista. Supponiamo. Dunque. di avere di fronte a noi una bella cometa. Diamo di piglio al binocolo e iniziamo le osservazioni.

Cominciamo, ovviamente, dalla chioma. All'interno, non proprio al centro, ma spostata in avanti, si vede una piccola zona molto più luminosa del resto. Il vero e proprio nocciolo della cometa si trova, ovviamente, al centro della regione più brillante, ma non sperate di poterlo distinguere come oggetto solido di forma irregolare, poiché le sue dimensioni sono veramente minuscole; qualche decina di chilometri per le comete più spettacolari. Ciò che vedete, è l'insieme di zampilli di gas, attorcigliati dalla rotazione del nucleo, prima che interagiscano col vento solare e comincino a disperdersi. Il resto della chioma, è invece già modellata dal vento solare. Infatti, la sua luminosità non diminuisce regolarmente, allontanandosi dal centro fino a svanire nel buio, ma si mantiene brillante fino a una certa distanza dal nucleo, per poi sparire all'improvviso. La coda è spesso sdoppiata: una, più luminosa, di colore bianco-giallognolo, e una più debole, che forma un angolo di qualche grado rispetto alla prima, di un tenue colore azzurro. Spieghiamo il perché di questa dicotomia.

Abbiamo detto che il corpo cometario, oltre ai ghiacci di acqua, metano ecc., contiene anche polvere, che viene rigurgitata all'esterno assieme agli zampilli di gas.

È questa polvere, spinta all'indietro dal vento solare, a formare la coda più luminosa. Essa risplende di luce riflessa, e quindi ci mostra il bianco della luce solare, il giallo e il marrone dei silicati e degli ossidi, e così via. Ma c'è dell'altro. Una parte del ghiaccio che sublima in gas, viene ionizzato dalla radiazione solare. Attorno alla cometa si forma, dunque, anche una nube di particelle cariche. Queste, vengono respinte all'indietro dal vento solare, ma, oltre a subire l'influenza di quest'ultimo, risentono anche del campo magnetico del Sole. Dunque, producono una seconda coda che, proprio a causa dell'interazione tra cariche elettriche e campo magnetico, è spostata lateralmente rispetto alla prima. La luminosità azzurrina non le deriva da luce riflessa; è proprio il gas ionizzato che, ricombinandosi in atomi neutri, emette luce come un tubo al Neon. Purtroppo, questa seconda coda è poco visibile, ma il suo colore è davvero affascinante.

Ora che sappiamo da dove viene, e come è fatta, una cometa, e che l'abbiamo anche vista in tutti i suoi dettagli, possiamo chiederci che fine farà. Se emette gas a ogni incontro col Sole, nella misura di tonnellate al secondo, prima o poi finirà per evaporare del tutto. Questa è, infatti, una delle possibilità. Dopo centinaia di passaggi, della cometa resta così poco che neanche riusciamo a vederla quando ripassa. Per esempio, sappiamo per certo che, alcuni secoli, fa la cometa di Halley era molto più brillante di quanto si sia mostrata al suo ultimo avvicinamento. Un'altra possibilità è che la coltre di polvere finisca per ricoprire tutta la superficie del corpo cometario. Quando questo accade, la cometa continua a passare accanto al Sole, ma resta invisibile, poiché non ci sono zone di ghiaccio scoperte che possano evaporare.

C'è un'ultima possibilità: dal momento che il corpo cometario non è un blocco di ghiaccio unico, solido e coerente, ma piuttosto un coacervo di ghiaccio, graniglia e polveri, non molto compatto, una cometa può spezzarsi e frammentarsi. Da quel momento in poi, non vedremo più il suo ritorno, ma potrebbe lo stesso lasciarci un ricordo di qualche genere. Infatti, i detriti della cometa finiscono, col tempo, per sparpagliarsi lungo tutta la sua orbita. Se quest'ultima interseca in un punto l'orbita

terrestre, ecco che incontriamo l'ultimo fenomeno celeste transitorio: la pioggia di meteore.

Nelle notti attorno a metà agosto, la Terra incrocia l'orbita di un'antica cometa ormai non più visibile. I ghiaccioli e i sassi che percorrono quest'orbita, catturati dalla gravità terrestre, precipitano, e attraversano l'atmosfera a velocità di una decina di chilometri al secondo. Si riscaldano tanto, che vaporizzano in un lampo di luce. Come dice il poeta: «San Lorenzo: io lo so perché tanto / di stelle nell' aria tranquilla / arde e cade ...».

Che cosa accadrebbe se la Terra passasse attraverso la coda di una cometa? Nulla. È successo un'infinità di volte, ma la densità del gas e della polvere è così tenue, che nessuno si è mai accorto di nulla. E se, invece, la cometa urtasse la Terra? Questo è un altro discorso. Se il nucleo fosse piccolo piccolo, di poche decine di metri di diametro, farebbe un gran botto e causerebbe distruzione per un po' di chilometri all'intorno. Se, invece, il nucleo fosse di qualche chilometro, allora preferirei che non succedesse. Ai dinosauri è accaduto qualcosa del genere circa 65 milioni di anni fa, e non ne sono per nulla restati contenti. In realtà, in quel caso fu un asteroide, ma una grossa cometa avrebbe avuto lo stesso effetto. Ricordate, comunque, che non siamo più del tutto alla mercé di collisioni di questo genere. Esiste una Fondazione specifica, e molti altri gruppi, che si occupano di scandagliare lo spazio per individuare oggetti potenzialmente pericolosi. Se ne venisse scoperto uno, ci sono diverse manovre possibili per deviare la sua orbita, ed evitare la collisione.

Conclusioni. Altre letture

Quando ho cominciato a scrivere questo libro, mi sono trovato immediatamente di fronte alla prima scelta: privilegiare l'aspetto testuale, o quello grafico? Girando per le librerie, mi sono reso conto che la scuola di pensiero prevalente nell'editoria contemporanea è quella di offrire, specialmente per quanto riguarda testi di base a livello di prima alfabetizzazione, figure e disegni di alta qualità, corredati da testo che si può considerare come didascalia un po' abbondante delle illustrazioni. Ho quindi preferito privilegiare il testo, delegando a Internet quel minimo di grafica (carte stellari, allineamenti) strettamente indispensabile: non per spirito polemico, ma per fornire al Lettore un sussidio supplementare. Entrambe le scelte hanno, infatti, punti di forza e di debolezza. La grafica aiuta l'intuizione immediata di concetti geometrici, quali la suddivisione della sfera celeste, le fasi lunari e venusiane, la differenza tra il giorno solare e quello siderale ecc. La descrizione a parole degli stessi concetti, richiede un po' più di attenzione da parte del Lettore, e rischia di annoiare. D'altro canto, insistere troppo sulla grafica, toglie spazio alla quantità di informazioni che possono essere fornite, e rischia di trasformare il libro in un atlantino: piacevole da sfogliare, ma la cui lettura sistematica rappresenta un optional.

Visto che il Lettore interessato all'argomento non avrà difficoltà a trovare opere di introduzione all'astronomia dotate di grafica eccellente, ho dunque optato per il solo testo poiché ciò mi consentiva di aumentare il numero di concetti trattati. Malgrado ciò, alla fine, mi sono meravigliato per la gran quantità di informazioni importanti e interessanti che ho ommesso. Ma ho deciso di autolimitarmi e, così facendo, sono forse rimasto nei limiti della pazienza di un Lettore semplicemente curioso.

Il risultato finale non è un manuale in senso stretto, ma uno zibaldone, una serie di considerazioni ad alta densità, che forse metterà, comunque, a dura prova la pazienza di qualche Lettore. D'altronde, volendo conseguire come risultato principale

quello di alfabetizzare un po' chi fosse totalmente digiuno di concetti di astronomia, non sarebbe stato opportuno aggiungere troppo altro. Come ho già detto, non mancano certo libri ben più specializzati ed esaustivi di questo, per chi decidesse di approfondire la materia, anche restando a livello amatoriale.

Una buona bibliografia, consigli per altre letture che possono essere affrontate dopo questa. Già, è proprio questo il problema! A differenza di quanto accade per altre discipline scientifiche, l'astronomia ha sempre goduto di vasta popolarità, e non sono mai mancati libri divulgativi in lingua italiana. Il capostipite è *Astronomia popolare* scritto da Schiaparelli in pieno '800, e ancora interessante. Purtroppo, nella maggior parte dei casi questi libri tendono all'obsolescenza rapida, e cadono nel dimenticatoio dopo una ristampa o due. È un peccato, perché alcuni di essi (a partire dal monumentale e affascinante *Astronomia* di Roudeaux e Vaucouleurs), sono ancora abbastanza "vivi", e illustrano una grande quantità di argomenti, tanto da poter costituire un supporto valido anche per un astrofilo dei primi decenni del Duemila. Per il resto, piuttosto che fare un torto ai miei colleghi citando alcuni testi e omettendone altri, preferisco fornirvi indicazioni più generiche, per consentirvi di aggiornarvi da soli con continuità. In primo luogo, avrete bisogno di carte astronomiche. Molto belle e facilmente reperibili sono quelle editate da De Agostini (Cielo, Luna, Sistema Solare). Poi, andate sul sito di "Sky and telescope" <http://www.skyandtelescope.com/> e, anche senza sottoscrivere l'iscrizione, potrete beneficiare di tanti servizi, tra i quali la carta del cielo settimanale, che non è poco! Da ultimo, cominciate ad acquistare con regolarità le principali riviste astronomiche amatoriali che si trovano ormai in ogni edicola. Oltre agli articoli, queste riviste contengono anche cartine celesti per il mese in corso, informazioni sulla posizione e visibilità dei pianeti e dei loro satelliti e, soprattutto, la bibliografia più aggiornata, sotto forma di recensioni di nuovi testi per astrofili. La quantità enorme di pubblicità che le imbotisce può, saltuariamente, tornare utile. L'ultima cosa che raccomando ai più interessati, è di entrare nel grande giro dell'associazionismo. Sulle pagine

(<http://www.mclink.it/n/astro/uai.htm>) dell'Unione Astrofili Italiani, e su quelle richiamabili dalla *home page* dei numerosi gruppi affiliati (molti astronomi professionisti sono, a loro volta, collegati alle sezioni locali), è possibile trovare continui aggiornamenti su eventi di interesse astronomico, corsi, conferenze, scuole presentazioni di nuovi libri, e via discorrendo. Ma ricordate: gli astrofili, molto spesso, sono degli entusiasti, e fanno bene. Anche se io, come ho detto nella premessa, ho compiuto scelte più caute.

Ci sono, poi, un paio di siti Internet cui dovete assolutamente collegarvi ogni mattina, perché presentano aggiornamenti e curiosità, oltre a bellissime immagini astronomiche. Il primo dei due è: <http://antwarp.gsfc.nasa.gov/apod/>, che contiene l'“immagine astronomica del giorno”, ed è sempre uno spettacolo, oltre a rinviare il lettore ad altri siti. Il secondo è: <http://www.spaceweather.com/>, dove troverete le novità del giorno sul Sole (macchie ecc.), più altre informazioni sugli altri oggetti del Sistema Solare, e un aggiornamento sugli oggetti astronomici che, in quel periodo, stanno transitando nelle prossimità del nostro pianeta (distanza minima, dimensioni ecc.). Se vi abituerete a controllare questi due siti come se fossero un quotidiano (lo sono), presto prenderete confidenza con tanti altri argomenti d'interesse astronomico.

E, come nota finale, mi permetto di aggiungere due miei libri ai “consigli per gli acquisti”, se vi è piaciuto il modo in cui è scritto questo. Su Internet è ancora possibile acquistare: “Tutti gli universi possibili (e altri ancora)”, ed. Liguori, 2002. Non è un manuale per astrofili o aspiranti tali, ma una guida alla struttura dell'universo in quanto tale. Potrebbe piacervi ... come pure, potrebbe interessarvi un mio tentativo di divulgare ai profani la filosofia della scienza: “E se DIO esistesse?”, ed. Gremese, 2008. Non aggiungo altro!

Frascati, addì 28 Gennaio 2010