

## VIII

*Al di là della Galassia*

## LE NUBI DI MAGELLANO

Quando, partendo dalla Luna, abbiamo iniziato questo straordinario viaggio, quello che ci ha preoccupato di meno sono state le caratteristiche del mezzo di trasporto che avremmo usato. Sapevamo bene che ci sarebbe voluto un mezzo capace di penetrare nell'interno delle stelle, di librarsi sui più disparati panorami del mondo siderale, di trasportarci a velocità molto superiori a quella della luce, un mezzo, insomma, irrealizzabile anche solo concettualmente. Ci siamo affidati, allora, a quello più efficiente, più versatile, più sicuro e più economico: la fantasia. Così, viaggiando di stella in stella, siamo giunti fino a uno dei più vicini ammassi globulari, dal quale abbiamo visto e studiato la Galassia da dove eravamo usciti e nella quale ci siamo poi nuovamente immersi.

Ora, uscendo dal centro, dove non vedevamo più quasi niente, emergiamo in una zona del disco e ci troviamo in un punto qualsiasi, sospesi nello spazio, circondati da un ricchissimo cielo stellato, solcato dalla fascia della Via Lattea, luminosa e brulicante di stelle, che sembra riunire i due emisferi come un'enorme saldatura d'argento.

Forse siamo fermi, immobili nello spazio, forse lo stiamo attraversando a una velocità prossima a quella della luce. Non lo sappiamo e non ci curiamo di saperlo. Siamo dentro un cielo ignoto, circondati da stelle sconosciute o da stelle che, osservate dalla Terra, apparivano di splendore ben diverso e ben diversamente disposte sulla volta celeste. Ma nella grande varietà di oggetti nuovi c'è ancora qualcosa che possiamo riconoscere per avere già visto dalla Terra: due macchie lattiginose, disuguali che sembrano parti staccate della Via Lattea.

Sono le cosiddette Nubi di Magellano, dal nome del grande navigatore

portoghese che ne segnalò per primo la presenza nel cielo australe, durante il primo viaggio intorno al mondo. Osservandole più da vicino (o, come possiamo fare dalla Terra, per mezzo di grandi telescopi) le due Nubi si risolvono in miriadi di stelle, per la maggior parte deboli e debolissime. Tra queste, fin dall'inizio del corrente secolo, furono scoperte molte stelle variabili pulsanti, appartenenti, cioè, alla classe delle cefeidi che abbiamo già conosciuto. Come già vedemmo allora, queste stelle hanno la strana proprietà di avere uno splendore intrinseco medio tanto maggiore quanto più lungo è il periodo della fluttuazione luminosa. Anzi, questa legge fu scoperta da H. S. Leavitt, nel 1910, proprio studiando le cefeidi appartenenti alle Nubi di Magellano. Calibrando, dunque, la relazione periodo-luminosità con alcune cefeidi vicine a noi, di distanza nota, bastava conoscere i periodi delle variazioni luminose per ricavare



**Fig.96** La Nube Minore di Magellano, a destra della quale è visibile l'ammasso globulare 47 Tucanae che appare vicino alla Nube per ragioni prospettiche, mentre in realtà è molto più vicino alla Terra (*Harvard College Observatory*).

subito le magnitudini assolute delle cefeidi appartenenti alle Nubi di Magellano e poiché le magnitudini apparenti erano già ben note, si poteva ricavare immediatamente anche la distanza.

Successivamente la cosa si rivelò più complicata con la scoperta di due tipi di variabili cefeidi, ognuno dei quali obbediva a una diversa relazione periodo-luminosità. Bisognava dunque trovare le due relazioni e sapere

benè, ogni volta, di quale tipo erano le cefeidi in esame, in modo da usare l'una o l'altra relazione. Comunque, raffinando questo metodo in questo e in altri sensi, si è giunti a determinare molto accuratamente la distanza delle cefeidi appartenenti alle Nubi di Magellano, cioè quella delle due Nubi stesse. Secondo le misure più recenti la Nube Minore (FIG. 96) è più lontana dalla Terra e dista 200 000 anni luce, mentre la Nube Maggiore (FIG. 97), più vicina, dista 170 000 anni luce. Si tratta dunque di oggetti distantissimi, senza dubbio esterni alla Galassia. Data l'enorme distanza,

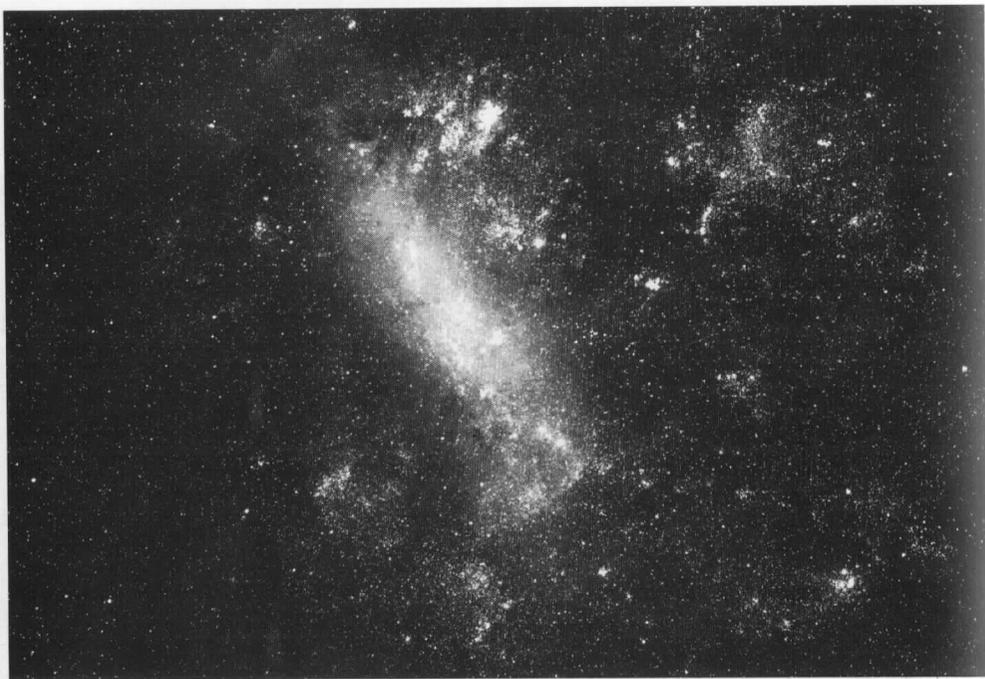


Fig.97 La Nube Maggiore di Magellano, che secondo le misure più recenti è più vicina alla Terra della Nube Minore e ha un diametro di 35 000 anni luce (*Harvard College Obs.*).

se teniamo presente la loro notevole estensione apparente (il diametro apparente della Nube Maggiore, vista dalla Terra, è 24 volte quello della Luna e quello della Nube Minore 8 volte) si comprende subito che le loro dimensioni devono essere enormi.

La Nube Maggiore risulta avere un diametro reale di 35 000 anni luce e quella Minore di 14 000. Sono dunque due vere e proprie galassie esterne

alla nostra e a essa simili, anche se di dimensioni notevolmente inferiori.

Osserviamo più profondamente una delle due, per esempio la Nube Maggiore. Finora vi sono state scoperte più di duemila variabili, delle quali oltre seicento sono cefeidi ben studiate. Tra le numerose altre, ancora da studiare, sono già state distinte alcune decine di variabili a lungo periodo, diverse irregolari e molte a eclisse. Sono state anche registrate, in varie epoche, le apparizioni di cinque novae.

Anche nelle Nubi di Magellano molte stelle sono riunite in ammassi. In seguito a una ricerca compiuta da P. W. Hodge e J. A. Sexton nel 1966, il numero complessivo degli ammassi scoperti e catalogati nella Nube Maggiore è giunto a 1603, ma è ovvio che non vediamo tutti quelli esistenti e quegli stessi due autori stimano che il numero totale dovrebbe essere di circa seimila. Per la maggior parte sono ammassi aperti. Si conoscono però anche 35 ammassi globulari, formati prevalentemente da stelle rosse, come quelli presenti nella Galassia. Inoltre, nella Grande Nube, sono stati scoperti anche alcuni strani ammassi, di un tipo finora mai osservato nella Galassia. Si tratta di agglomerati stellari simili a quelli globulari ma nei quali le stelle più brillanti non sono rosse ma blu. La loro esistenza è, per ora, alquanto misteriosa ma si ritiene che potrà essere interpretata nel quadro dell'evoluzione stellare.

Sono state osservate oltre 400 nebulose a emissione. La più grande è un oggetto del quale non se ne conosce uno simile in tutta la nostra Galassia. È un'immensa nebulosa, detta della Tarantola (FIG. 98) per la sua forma, con un diametro di 800 anni luce e una massa pari a cinque milioni di volte quella del Sole. La nebulosa di Orione, pur essendo una delle più belle ed estese della Galassia, ha un diametro di appena 25 anni luce e una massa cento volte quella del Sole. Se la Nebulosa della Tarantola si trovasse alla distanza di quella di Orione, coprirebbe più di un quarto del nostro cielo, che dominerebbe in modo impressionante, con uno splendore globale uguale a circa tre volte quello di Venere.

Fotografandola con degli opportuni filtri di luce, si è scoperto che essa non è eccitata da una sola stella ma da un ammasso, situato nel suo interno e composto da stelle supergiganti blu o bianche, come quelle del Trapezio di Orione, cioè giovanissime. Anche la Nebulosa della Tarantola, come quella di Orione, è dunque una fabbrica di stelle, ma ben più vasta e ricca (FIG. 99).

Le meraviglie della Grande Nube non sono ancora finite. Vi incontriamo, infatti, alcune delle stelle più brillanti che si conoscano (escluse, naturalmente, le supernovae durante la fase esplosiva). La più brillante di tutte è la stella R 76 che, essendo di magnitudine apparente 9, può essere vista anche con un modesto cannocchiale. La sua magnitudine assoluta è risultata essere  $-9,1$ . Ciò significa che è quasi mezzo milione di

volte più luminosa del nostro Sole. Se una simile stella venisse posta al centro del nostro sistema planetario ci accecherebbe immediatamente. Alla distanza standard di 32,6 anni luce, usata per definire le magnitudini assolute, dalla quale il Sole apparirebbe come una delle stelle più deboli visibili a occhio nudo, R 76 sarebbe tanto luminosa da far proiettare l'ombra agli oggetti, quasi dello splendore della Luna al quarto.

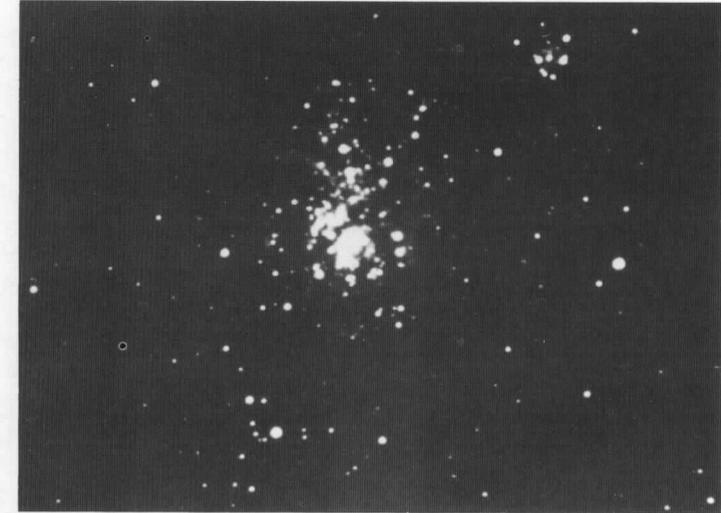
Se la Grande Nube di Magellano fosse più vicina a noi o se potessimo osservarla con strumenti più potenti, vi scopriremmo certamente altre me-



**Fig.98** La gigantesca Nebulosa della Tarantola, del diametro di 800 anni luce, che si trova nella Nube Maggiore di Magellano, fotografata da Westerlund in corrispondenza della riga spettrale dovuta all'emissione dell'ossigeno due volte ionizzato (foto B. E. Westerlund).

raviglie. Ma difficilmente potremmo scoprire qualcosa di più straordinario di ciò che abbiamo trovato per primo: che essa e la Nube Minore sono due galassie simili alla nostra, molto più piccole, ma pur sempre galassie, cioè agglomerati pesanti alcuni miliardi di volte il Sole, in cui la materia è presente come stelle, gas, polveri e, certamente, in miliardi di pianeti che forse non vedremo mai ma dei quali dobbiamo ragionevolmente ammettere l'esistenza.

Continua così il gioco delle scatole cinesi. Al di là della Terra, che gli



**Fig.99** La zona centrale della Fig. 98 fotografata da Westerlund nello spettro continuo in una zona adiacente alla riga spettrale della precedente fotografia. Questo accorgimento ha permesso di escludere la nebulosa e di vedere, nel suo interno, un ammasso di stelle brillanti dei primi tipi, simili a quelle del Trapezio d'Orione (foto B. E. Westerlund).

antichi consideravano il centro dell'universo, sono state scoperte altre terre, i pianeti. Al di là del Sole sono stati trovati altri soli, le stelle. E ora, al di là della Galassia, molto oltre la zona in cui finiscono le stelle del nostro sistema, attraversando un vuoto di 150 000 anni luce, ecco apparire due nuove galassie, composte a loro volta, come la nostra, di altri soli, di altre terre. Sono molto meno grandi, di aspetto abbastanza diverso, ma sono pur sempre aggregati di stelle, di gas, di polveri, esattamente com'è la Galassia. Questa scoperta eccita la curiosità e la fantasia, e ci spinge a tentare di andare oltre, al di là della Galassia e delle Nubi di Magellano, nel tentativo di scoprire cosa c'è, per vedere se l'universo

stellare finisce realmente e le Nubi di Magellano sono solo due eccezionali repliche impiccolite della Galassia o se troveremo ancora qualcosa. E, in tal caso, se ciò che troveremo sarà ancora simile a quanto già conoscevamo oppure si rivelerà completamente nuovo: diverso e inatteso.

#### LASCIANDO LE NUBI DI MAGELLANO E LA GALASSIA

##### Il vuoto cosmico

Usciamo dunque dalle Nubi di Magellano e avanziamo ancora. Quando ci saremo allontanati abbastanza da lasciare alle nostre spalle tutte le stelle della Galassia e delle due Nubi, si offrirà al nostro sguardo una visione impressionante, difficilmente concepibile anche per la fantasia. Ci sentiremo colpiti, annientati e non da quello che vedremo ma da ciò che non vedremo. Avanti a noi non scorgiamo più nessun corpo celeste. Il nostro sguardo smarrito non sa più dove appoggiarsi e si perde nel vuoto: nello spazio senza più alcun oggetto, divenuto un'immensa voragine oscura, che sembra venirci incontro solo per ingoiarci nel nulla. La nostra esperienza quotidiana non può suggerire niente di confrontabile con questa visione. Nella notte più nera intravediamo ancora qualcosa; quando ci svegliamo, nel buio più profondo della nostra stanza, i nostri occhi aperti non vedono niente ma noi non abbiamo la sensazione di un vuoto spaventoso, poiché sentiamo ancora la presenza degli oggetti che ci sono intorno e, anche se non li vediamo, sappiamo che basta muoversi appena per ritrovarli. Invece nello spazio, fuori della Galassia, l'unico collegamento con il resto dell'universo avveniva attraverso la visione, attraverso la luce e quando tutto scompare tutto si annulla.

Il vuoto: questo sembra essere dunque lo stato dominante dell'universo nel quale viviamo. Quando ci eravamo allontanati dal nostro sistema solare, avevamo scoperto che il giorno è un fenomeno eccezionale che si verifica solo per i pianeti nelle vicinanze di una stella e che la condizione normale dello spazio era la notte. Ora sappiamo che questo vale solo all'interno della Galassia o nelle sue immediate vicinanze. Al di fuori, a poco a poco, anche il cielo stellato svanisce e con esso anche quel tipo di notte che ci era familiare. Ne subentra un'altra: una notte vuota, fatta solo di buio, una notte che sembra annullare lo spazio spogliandolo di ogni dimensione, come quella di un incubo.

Ma come anche nell'incubo più oscuro si apre a un tratto un barlume attraverso il quale s'incomincia a intravedere qualcosa che ha un aspetto, una forma e l'oppressione si fa meno pesante, così anche in questo incubo cosmico, dopo aver vagato affannosamente a lungo nel buio informe, sempre voltando le spalle alla Galassia, il nostro sguardo riesce finalmente a scorgere un piccolo, leggero fiocco nebuloso, a forma di fuso, che sem-

bra emergere dal nulla come qualcosa al limite dell'esistenza, che potrebbe scomparire da un momento all'altro, lasciandoci ancora nell'angosciosa solitudine del vuoto infinito.

##### La Nebulosa di Andromeda

Quel fiocchetto nebuloso lo vediamo anche dalla Terra ed è noto col nome di Nebulosa di Andromeda, o, più brevemente, con la sigla M 31. E se anche dopo aver percorso migliaia di anni luce, dalla Terra all'esterno della Galassia, lo vediamo sempre piccolo e debole, dobbiamo pensare che sia qualcosa di molto lontano e quindi, in realtà, estremamente grande e luminoso. Là le tenebre devono essere nuovamente dissipate dalla luce e nuova materia deve popolare lo spazio. Dirigiamo, dunque, il nostro viaggio verso questo unico barlume come verso l'ultima speranza.

A mano a mano che ci avviciniamo vediamo il fiocchetto sempre più esteso e luminoso, sempre più ricco di particolari finché, alla distanza di 1200 anni luce, ci appare come possiamo vederlo dalla Terra per mezzo dei più grandi telescopi. La visione è sublime e la gioia, lo stupore e l'ammirazione esplodono e si intrecciano in un parossismo che toglie il respiro. Il lume evanescente intravisto uscendo dalle Nubi di Magellano, si è risolto in un'enorme quantità di materia, in luce, gas, polveri e, ancora una volta, in centinaia, migliaia di stelle: di diverse luminosità, di diversi colori, singole, multiple, in ammassi, di splendore costante o variabili (FIG. 100).

Dunque anche a grandi distanze lo spazio extragalattico non è completamente vuoto. Non conosciamo ancora l'entità dell'agglomerato che abbiamo raggiunto; non sappiamo, insomma, se è un'isola o un continente. Ma qualcosa c'è. Anzi c'è molto di più di 'qualcosa': un insieme di corpi vasto e complesso, del quale ora dobbiamo scoprire le dimensioni reali e la vera essenza.

Il problema, strettamente dipendente da quello della determinazione della distanza, è stato risolto, anche questa volta, con la scoperta di stelle variabili di luminosità nota. In particolare sono state scoperte numerose cefeidi e stelle novae. Determinando la magnitudine assoluta delle prime, mediante la relazione periodo-luminosità, e tenendo presente quale è la magnitudine media al massimo per le novae osservate nella Galassia, dallo splendore apparente delle cefeidi e delle novae è stato immediatamente ottenuto il modulo di distanza e, da questo, la distanza stessa in anni luce. Ciò nell'ipotesi (per la verità molto fondata) che le cefeidi e le novae in M 31 si comportino come quelle galattiche, soprattutto per quanto riguarda la luminosità.

Ne è risultato che la nebulosa di Andromeda dista da noi due milioni e 300 mila anni luce. È una distanza tanto grande che non solo non avrebbe senso esprimerla in chilometri, ma è impossibile inquadrala tra le altre



**Fig.100** Qui e nella pagina a fronte, in sequenza una serie di immagini della Nebulosa di Andromeda. Qui sopra Andromeda fotografata con un modesto astrografo: è pressappoco così che la vedremo anche appena usciti dalla Galassia, naturalmente contro uno sfondo completamente buio, cioè privo di tutte le stelle che compaiono in questa fotografia appartenenti alla nostra Galassia, che sono interposte. Al centro Andromeda fotografata col grande telescopio Schmidt di Mount Palomar: è visibile in tutta la sua estensione, e rivela ampie spire, nubi gassose e moltissimi ammassi. Ai suoi lati sono ben visibili due galassie minori, due satelliti d'aspetto ellittico. L'ultima immagine rappresenta una piccola parte della Nebulosa di Andromeda parzialmente risolta in stelle: la fotografia è stata ottenuta da W. Baade col riflettore di 5 m di Mount Palomar (foto L. Baldinelli; Mount Wilson and Palomar Obs.).



distanze note anche esprimendola in anni luce. Per poterla concepire possiamo tentare ancora una volta di ricorrere a un modello in scala ridotta.

La scala che abbiamo adottato per inquadrare il sistema solare nella Galassia non è più efficace. Ridurremo dunque tutto in modo che 1 cm rappresenti 100 000 000 km. In questa nuova rappresentazione il Sole sarà una sferetta del diametro di appena quattordici centesimi di millimetro e la Terra un granello invisibile a occhio nudo, che gli circola intorno alla distanza di 1,5 cm. A poco più di 4 km troveremo la stella più vicina, rappresentata da un'altra sferetta, anzi da due sferette di 0,14 mm, mentre l'intera Galassia sarà contenuta in un disco del diametro di 92 570 km.

Le due Nubi di Magellano avranno un diametro di 30 850 e di 13 270 km

e si troveranno, rispettivamente, alle distanze di 154 285 e di 185 140 km.

Se ora vorremo raggiungere M 31 dovremo superare uno spazio vuoto di 2 160 000 km. È una distanza enorme: più di cinque volte la distanza reale dalla Luna alla Terra. Ma, teniamolo ben presente, è una distanza misurata su una scala ridotta, sulla quale la distanza Terra-Luna corrisponde ad appena quattro millesimi di millimetro. Sono queste, dunque, le reali proporzioni delle distanze. In altre parole, sulla base di questi risultati e adottando queste proporzioni, possiamo affermare che dei 2 160 000 km che ci separano dalla Nebulosa di Andromeda, l'uomo ha percorso materialmente i primi quattro millesimi di millimetro e con le sonde da lui costruite, spintesi fino a Giove, i primi 2 cm.

Una prima conseguenza impressionante di una tale distanza è immedia-

ta. Quando noi osserviamo M 31 non la vediamo com'è ora, né com'era due mila anni orsono, come le stelle di Orione, ma come appariva 2 300 000 anni fa. Assistiamo continuamente a tanti fenomeni ma tutti avvenuti in quell'epoca, che ci sembra tanto remota. Vediamo stelle che pulsano, ma forse ormai hanno smesso di pulsare; stelle che appaiono e scompaiono e forse, dal momento in cui raggiunsero effettivamente quel parossismo che adesso vediamo, sono esplose di nuovo tante altre volte e ora sono addirittura estinte. Forse in questi ultimi due milioni di anni sono accadute cose impressionanti che non possiamo conoscere ora e se tutte le stelle di M 31 si fossero spente o un'immensa, inconcepibile esplosione avesse squarciato l'intero sistema disperdendo le stelle e la materia residua nello spazio, noi continueremmo ad avere la visione consueta per anni e anni, fino a quando la luce non giungerà a informarci, mostrandoci tutti questi nuovi avvenimenti.

Ma c'è un altro aspetto non meno suggestivo. Osserviamo M 31 al telescopio, o addirittura a occhio nudo (perché è ben visibile anche senza strumenti) e pensiamo che la luce che sta raggiungendo in quel momento i nostri occhi è partita 2 300 000 anni fa, quando l'aspetto del nostro mondo era ben diverso da quello attuale, le più recenti ere glaciali non si erano ancora verificate e non avevano modificato alcuni tratti della superficie, che era abitata da animali non del tutto identici a quelli attuali alcuni dei quali (come i mammut) sono ora estinti. Quando partì quella luce l'uomo non esisteva ancora sulla faccia della Terra.

Se, con uno sforzo della fantasia, arriviamo a immaginare che un nostro lontano antenato, un australopiteco di 2 300 000 anni fa, alzando gli occhi al cielo notò quel debole fiocchetto, non giungeremo certo anche a concepire che sospettò di non vedere ciò che quel fiocchetto era in quel momento. E invece la visione di quanto avveniva lassù in quell'istante era destinata a esseri appartenenti a una specie che ancora non esisteva: a noi. A noi che vediamo ora e sentiamo come attuali, eventi verificatisi centinaia di migliaia di anni prima della nostra preistoria.

Talvolta, visitando i resti di civiltà tramontate o leggendo antichi testi, un utensile che ancora usiamo o un pensiero attualissimo ci fanno sentire vivamente la relatività del tempo. Allora i Cesari non ci sembrano molto più lontani dei Napoleonidi, Fidia non molto più di Michelangelo e Imhotep, autore della piramide di Saqqârah, non molto anteriore a Fidia.

Ma con questa visione di M 31 anche questa sensazione viene sconvolta. Ora non ci sembrerà più neppure che Cesare e Alessandro Magno siano passati sulla Terra solo ieri, non ci sembrerà più che la costruzione delle piramidi egizie sia ancora vicina e, d'altra parte, non riusciremo ad avere più la sensazione che l'uomo esista da tempo immemorabile, ma ci sembrerà piuttosto di vivere in un mondo senza tempo, dove tutto passa e

tutto è contemporaneo, perché c'è sempre una parte dello spazio dove ciò che è passato qui, appare avvenire ora.

Ecco, appare improvvisamente una nova in M 31. L'abbiamo scoperta su una fotografia ottenuta la notte scorsa; continuiamo a osservarla tutte le sere, ne stimiamo lo splendore e tracciamo la curva di luce che, poi, studiamo e discutiamo. Quella stessa nova che vediamo accendersi ora, fu scoperta oltre due milioni di anni fa da astronomi che vivevano su pianeti nella Nebulosa di Andromeda; essi tracciarono la stessa curva di luce che stiamo ricostruendo noi ora, vi fecero teorie e spiegarono, forse, molti fenomeni che ancora ci rimangono oscuri. Quegli astronomi morirono, forse si estinse anche la loro specie, mentre la stessa nova continuava ad apparire agli sguardi vigili di tanti altri studiosi sempre più lontani, che registravano la sua immagine su altrettanti dispositivi, finché appariva a noi, contemporanea dei nostri avvenimenti, della nascita di un nostro figlio, di una guerra o di un cambiamento di governo. E tra centinaia o migliaia di anni, quando saremo scomparsi noi, i nostri discendenti e tutta la nostra scienza (compresa quella curva di luce che stiamo tracciando in questi giorni con tanta accuratezza, per pubblicarla sulle memorie di una celebre accademia che dovrebbe diffonderla tra i contemporanei e i posteri), altri esseri, più distanti di noi da M 31, assisteranno all'apparizione di quella nova, la riferiranno alla data corrente del loro calendario e la studieranno scrupolosamente come noi oggi. E quel raggio di luce ci collega tutti: esseri dissimili, distantissimi nello spazio, vissuti in momenti diversi, che, pur facendo la stessa cosa, ci ignoriamo a vicenda, non solo per l'impossibilità di comunicare ma anche perché operiamo in epoche diverse, in cui gli altri sono già morti o ancora non esistono.

Queste riflessioni sulle conseguenze dell'enorme distanza della Nebulosa di Andromeda non devono farci dimenticare che, ora che la conosciamo, possiamo calcolare anche le sue reali dimensioni. Ricavando le dimensioni apparenti estreme, con delicate misure su fotografie a lunga posa, è risultato che M 31 ha un diametro di 165 000 anni luce. Nel senso perpendicolare al diametro massimo la lunghezza è notevolmente inferiore, ma è solo per una deformazione prospettica dovuta all'inclinazione del piano equatoriale sulla nostra visuale. La Nebulosa di Andromeda sembra essere dunque una quarta città astrale, questa volta simile alla Galassia anche come dimensioni. Per esserne certi cerchiamo di conoscerla meglio.

Cominciamo dalle stelle variabili. Fino al 1950 erano state scoperte in M 31 una cinquantina di variabili, segnalate per la maggior parte da E. P. Hubble nel 1929. Negli anni cinquanta, W. Baade iniziava una ricerca sistematica col telescopio di Mount Palomar di 5 m di diametro (il più grande del mondo), prendendo in considerazione solo quattro zone, scelte opportunamente, a distanze crescenti dalla zona centrale. La ricerca, ul-

timata da altri dopo la morte di Baade, ha condotto alla scoperta di 730 variabili. Di queste, 10 sono novae, 439 sono cefeidi, 65 variabili a eclisse, prevalentemente del tipo  $\beta$  Lyrae, 102 irregolari, mentre le rimanenti appartengono ad altri tipi o non sono state classificate. È chiaro che il numero totale delle variabili in M 31 deve essere molto più alto, poiché queste sono solo quelle presenti nelle quattro zone e, soprattutto, le più luminose.

La ricerca delle novae è stata compiuta con successo in varie epoche. Hubble ne aveva già elencate 85, apparse nel periodo 1907-17. Successivamente la ricerca sistematica è stata ripresa da H. C. Arp, che negli anni 1953-55 ne ha scoperte 30 e da L. Rosino che dal 1955 alla metà del 1970 ne ha trovate 90. Il numero totale di stelle novae osservate nella Nebulosa di Andromeda fino a tutto il 1971 è di 224, di più di quante ne sono state osservate fino a ora nella Galassia. Secondo questa ricerca sembra ragionevole ammettere che ne appaiono in media trenta all'anno.

Le variabili rappresentano solo una parte degli oggetti interessanti che popolano M 31. Come nella nostra Galassia, anche qui si trovano nebulose, associazioni e ammassi stellari. Esaminando le migliori lastre ottenute con i più grandi telescopi del mondo, sono state scoperte 688 nebulose in emissione sul tipo di quella di Orione, 188 associazioni di stelle O-B e 266 ammassi. Anche qui si trovano ammassi aperti e globulari. La distinzione tra i due tipi è però molto difficile poiché, a causa dell'enorme distanza, i loro diametri apparenti sono generalmente molto ridotti e scompaiono i particolari, dai quali si potrebbe distinguere gli ammassi di un tipo da quelli dell'altro. La distinzione è stata fatta, quindi, prevalentemente in base al colore. La ricerca più completa in questo senso è quella pubblicata nel 1965 da M. Vetsnik, che ha sicuramente identificato 257 ammassi, dei quali 167 sono, secondo lui, sicuramente globulari. La loro magnitudine assoluta più frequente è  $-8$ , esattamente come avviene per gli ammassi globulari della Galassia.

A questi oggetti (dei quali, non va dimenticato, riusciamo a vedere solo una parte) si devono aggiungere gas, polveri e soprattutto idrogeno neutro, che possiamo individuare mediante i radiotelescopi. Tutta questa materia, sparsa o raggruppata in ammassi o associazioni, è distribuita in una zona centrale più compatta e uniforme dalla quale escono enormi spire, slanciate verso l'esterno dove appaiono dissolversi. Secondo Baade si arrivano a distinguere ben sette bracci spirali. I primi due sono formati da polvere, nel terzo appaiono anche stelle supergiganti e nebulose in emissione, il quarto e il quinto mostrano in grande abbondanza nebulose gassose e associazioni di stelle giovani, mentre i due più esterni sono tracciati da gruppi dispersi di stelle supergiganti. La polvere, poco abbondante già nel terzo braccio, è del tutto trascurabile nei quattro più esterni.

Anche la Nebulosa di Andromeda, come la Galassia, ruota velocemente

su sé stessa, con diverse velocità a mano a mano che ci si sposta verso l'esterno. Secondo le più recenti misure, dovute a V. C. Rubin e W. K. Ford, la zona centrale ruota rapidamente raggiungendo una velocità massima di 225 km/s alla distanza di 1300 anni luce dal centro. Subito dopo la velocità comincia a diminuire per scendere a un minimo di 53 km/s a 6500 anni luce. Allontanandoci ancora dal centro troviamo che risale, fino a raggiungere il valore massimo di 272 km/s. Avanzando ancora verso le regioni periferiche, la velocità di rotazione diminuisce lentamente, stabilizzandosi appena al di sopra dei 200 km/s. Così le stelle che si trovano nelle zone più esterne, per esempio a 70 000 anni luce di distanza dal centro, compiono una rivoluzione completa intorno al centro del sistema ogni 660 milioni di anni. Come nella nostra Galassia anche qui si osserva gas che fuoriesce dal nucleo, a velocità tanto più grande quanto più ci si avvicina al nucleo stesso.

Conoscendo la velocità di rotazione si è potuta ricavare anche la massa totale di M 31, che è risultata 220 miliardi di volte quella del Sole. Ammettendo che una metà della massa sia quella della materia interstellare (gas, polveri, ecc.) mentre l'altra metà è concentrata in stelle, e supponendo che la massa media delle stelle sia quella del Sole, risulta che in M 31 vi devono essere oltre cento miliardi di soli. Se ognuno di essi fosse accompagnato da una decina di pianeti, come avviene nel caso del sistema solare, vi sarebbero, solo in M 31, mille miliardi di pianeti.

Questo è, in sintesi, quanto le osservazioni e la loro interpretazione ci hanno mostrato finora nella Nebulosa di Andromeda, che dalla forma, dalle dimensioni, dal contenuto stellare, dalla dinamica, appare ormai chiaramente come un'altra galassia, simile alla nostra, anzi, addirittura più grande e più ricca.

La similitudine si spinge anche oltre poiché, come la Galassia ha due satelliti minori (le Nubi di Magellano), anche M 31 ha due compagne, molto più piccole, di aspetto ellittico, che nei cataloghi celesti sono indicate con le sigle NGC 221 (o anche M 32) e NGC 205.

#### Il mondo delle galassie

Con la scoperta della galassia di Andromeda dobbiamo fermarci un attimo a riflettere e a guardarci intorno. Da quando siamo usciti dalla Galassia abbiamo scoperto altri cinque sistemi simili a essa, anche se tutti, eccetto uno, di dimensioni inferiori. Possiamo dunque sospettare che, come esistono queste sei galassie, sia pure separate da immensi spazi vuoti, a distanze altrettanto grandi, dopo aver superato spazi altrettanto sterminati, se ne possano incontrare altre. L'osservazione sistematica del cielo per mezzo dei più grandi telescopi, effettuata soprattutto nell'ultimo mezzo secolo, ha confermato in pieno questa supposizione mostrandoci, a distanze sempre

maggiori, decine, centinaia, migliaia di galassie. Al di fuori della Galassia non domina, dunque, il nulla. E, come nel mondo delle stelle, separati da spazi vuoti, per noi enormi, si aggirano milioni di soli, così lo spazio extragalattico è popolato da innumerevoli galassie, spesso separate le une dalle altre da distanze grandissime rispetto a quelle stellari, inconcepibili in quella nostra, ma non eccessive in confronto alle dimensioni delle galassie.

Alcune decine di anni fa, quando si cominciava ad avere appena un'idea delle dimensioni e delle distanze delle galassie, molti astronomi le chiamarono 'universi isola'. Benché un po' retorica, questa denominazione esprimeva bene la realtà, poiché ogni galassia appare come un'entità autonoma dove c'è tutto: materia oscura e informe, stelle nascenti, stelle morte e stelle nel pieno della loro vita, molte accompagnate da pianeti; polveri e gas,



Fig.101 La galassia M 101, una delle più estese tra le galassie che possiamo vedere 'di fronte', con il sistema delle spire ben sviluppato. Anche qui, come in Andromeda, sono visibili nebulose luminose, nebulose oscure e gruppi di stelle (*Mount Wilson and Palomar Obs.*).

corpi freddi e astri infuocati, ciottoli oscuri e pallide comete, ricchissimi agglomerati di stelle e tra l'uno e l'altro, spesso, vuoti sterminati. Insomma una galassia è paragonabile a un'immensa città con le sue strade, le sue case, i suoi parchi e i suoi cimiteri. Una città di stelle invece che di case.

Pur mantenendo questa caratteristica comune, anche le galassie, come le città, possono essere diversissime le une dalle altre per aspetto e dimensioni. Questa varietà, che abbiamo appena intravisto nelle prime sei, si è manifestata sempre di più con l'aumentare del numero di quelle scoperte. Oggi si conoscono galassie maggiori e minori, di aspetto ellittico, spirale, irregolare, con tutte le varietà intermedie, con nuclei di aspetto stellare o ridotte addirittura al solo nucleo.

Sono state inoltre scoperte galassie di aspetto stranissimo, galassie ac-



Fig.102 La galassia NGC 891, vista di profilo, assomiglia alle fotografie a larghissimo campo della Via Lattea, inducendo a ritenere che la Galassia, vista dall'esterno e nel suo piano equatoriale, avrebbe più o meno questo aspetto (*Mount Wilson and Palomar Obs.*).

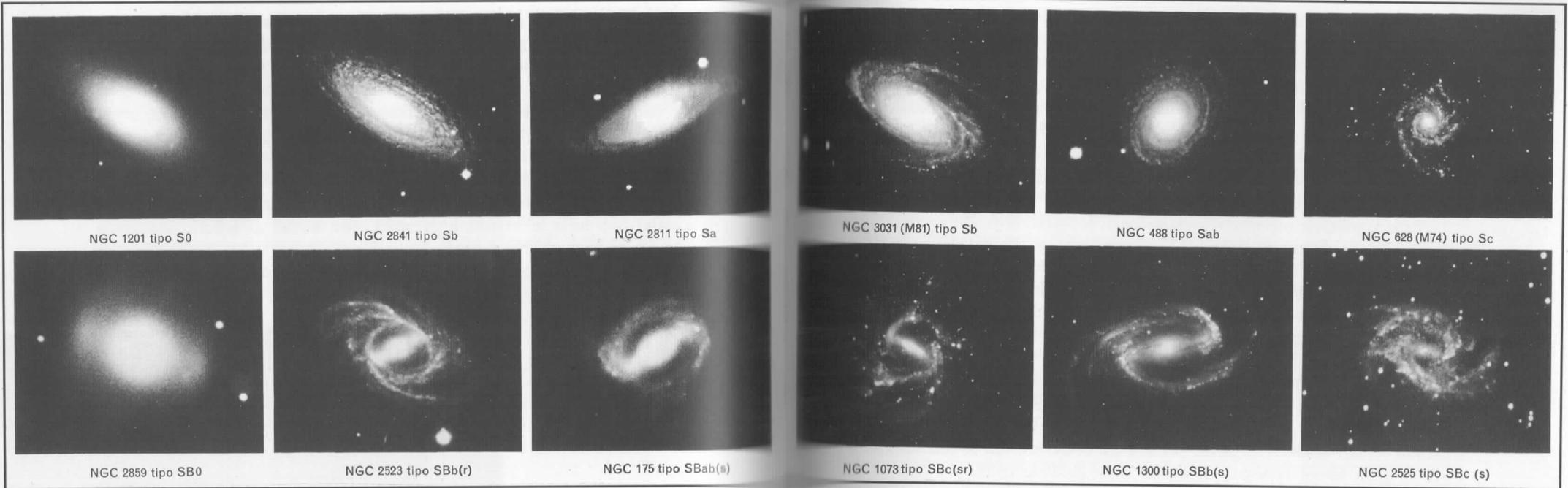


Fig.103 Qui sopra e nella pagina a fronte due sequenze di galassie spirali di vari tipi. La fila in alto si riferisce alle galassie spirali propriamente dette, quella in basso alle galassie spirali sbarrate, entrambe classificate secondo la nomenclatura dovuta a E. P. Hubble.

Le galassie spirali (S) presentano dei bracci che sembrano uscire direttamente dalla zona centrale, mentre le galassie spirali sbarrate (SB) hanno i bracci che sembrano uscire dalle estremità di una 'sbarra' che ne attraversa il centro (*Mount Wilson and Palomar Obs.*).

coppiate o addirittura a gruppi. Insomma, su una scala ben più vasta di quella stellare, si è trovato che esiste un nuovo mondo da conoscere, il mondo delle galassie, e questo, finalmente, è forse veramente *il* mondo.

La sua esplorazione richiede il più grande sforzo della mente e il più ampio volo della fantasia, ma vi penetreremo, almeno fin dove potremo. Perché a questo punto la scienza non può accompagnarci più fino a un confine, come aveva fatto per il sistema solare o per la Galassia. Viaggeremo fino ai suoi limiti; fino ai nostri limiti. E quando ci dovremo arrestare non avverrà perché ci fermeranno misteri, grandi o piccoli, che potremmo lasciarci alle spalle come già abbiamo fatto più volte, ma il più grande, quello che, in un certo senso, li riassume tutti: il mistero dei limiti, dell'origine e dell'evoluzione del cosmo. Perché ora e solo ora stiamo veramente per dare la scalata all'universo.

Cominceremo dalle galassie più comuni, simili a quelle che già conosciamo, che saremmo tentati di chiamare normali. Le galassie normali sono essenzialmente di tre tipi: spirali, ellittiche e irregolari. Di ognuno di questi

tipi abbiamo già incontrato un esempio. Infatti sono del primo la nostra Galassia (che distinguiamo dalle altre indicandola con la G maiuscola) ed M 31; appartengono al secondo tipo le due satelliti di M 31 mentre le Nubi di Magellano sono del terzo. Le spirali si distribuiscono nei due grandi sottogruppi delle spirali normali (S) e di quelle sbarrate (SB): nelle prime le spire sembrano uscire dalla zona centrale proprio come una spirale logaritmica; nelle altre, invece, sembrano uscire dalle due estremità di una specie di sbarra che attraversa il nucleo. In ognuno di questi due sottogruppi, poi, si distinguono tre classi, indicate con le lettere a, b, c secondo che le spire appaiano più o meno sviluppate.

Le galassie ellittiche (E) non mostrano spire o altre particolari configurazioni e possono essere addirittura sferiche oppure più o meno schiacciate. L'entità dello schiacciamento viene indicata con un numero progressivo da 1 a 7. Alcune galassie, più schiacciate del tipo E 7 ma che non mostrano tracce di spire, sono indicate con la sigla S0; naturalmente esiste anche il sottogruppo SB0. Le galassie ellittiche presentano una stra-

nissima caratteristica: non mostrano traccia di polveri. Sono composte, cioè, esclusivamente di stelle.

Le galassie irregolari, infine, non mostrano alcuna struttura particolare e sono, generalmente, di dimensioni minori delle altre.

I principali tipi di galassie sono illustrati dai dodici esempi scelti tra le numerose fotografie ottenute da Hubble, autore della classificazione ora ricordata. Alcune di quelle galassie sono viste di fronte, altre di profilo (FIGG. 101 e 102), secondo come è inclinato il piano equatoriale di ciascuna di esse rispetto alla nostra visuale.

Di tutte le galassie conosciute e classificate, le spirali (FIG. 103) sono le più comuni (78%); di queste, solo il 15% appartiene al gruppo delle sbarrate (FIG. 103 in basso). Le ellittiche sono il 18% e le irregolari il 4%.

Queste percentuali non vanno assunte però come definitive poiché è evidente che in questa statistica sono favorite le galassie più brillanti, che possiamo scorgere fino a grandi distanze e che quindi veniamo a conoscere in numero notevolmente maggiore.

La selezione dovuta alle nostre possibilità d'osservazione può essere provocata non solo dal diverso splendore globale intrinseco delle galassie ma anche da altre cause che impediscono di riconoscere una galassia come tale. Esistono infatti galassie atipiche, difficili da osservare ma il cui numero è forse di gran lunga superiore a quello delle galassie comuni.

#### GALASSIE NANE E GALASSIE COMPATTE

Cominceremo dalle cosiddette galassie nane. Il primo di questi strani sistemi stellari fu scoperto da H. Shapley, nel 1937. Esaminando una fotografia ottenuta nella costellazione australe dello Scultore, egli fu colpito da un vasto aggregato di punti appena percettibili. La strana configurazione somigliava a una ditata sulla lastra fotografica e poteva essere costituita, appunto, da un insieme di punti spuri, propri soltanto dell'emulsione. D'altra parte quella lastra era particolarmente sensibile e l'oggetto non era visibile su altre ottenute con lo stesso strumento. Esaminando centinaia di lastre della zona, Shapley riuscì finalmente a trovarne una, ottenuta trent'anni prima, con una lunghissima posa, nella quale l'oggetto era visibile.

Una volta confermata l'esistenza di tale oggetto, restava da decifrarne la natura. Il gruppo di punti poteva essere un ammasso stellare vicino a noi composto da stelle molto deboli, oppure un agglomerato di stelle normali estremamente distante, o, infine, un ammasso di galassie tanto distante che le sue componenti, fotografate con un piccolo strumento, apparivano puntiformi come stelle.

Una fotografia ottenuta con il telescopio del diametro di 1,5 m dell'osservatorio di Harvard, escluse subito l'ultima possibilità: l'oggetto risultò

essere un agglomerato di stelle e, su una superficie apparente di circa due gradi quadrati, se ne poterono contare almeno diecimila. In seguito, confrontando diverse fotografie ottenute con il telescopio di 2,5 m dell'osservatorio di Mount Wilson (allora il più grande del mondo) vennero scoperte nella zona oltre quaranta stelle variabili cefeidi di tipo RR Lyrae. Poiché la magnitudine assoluta delle stelle di questo tipo è ben nota, si poté facilmente ricavare la loro distanza, cioè quella del sistema al quale appartenevano, che risultò essere 280 000 anni luce. L'oggetto scoperto da Shapley era dunque un aggregato di stelle fuori della nostra Galassia, molto più grande di un ammasso stellare ma molto più piccolo di una normale galassia.

Mentre l'oggetto della costellazione dello Scultore veniva studiato, all'osservatorio di Harvard si esaminavano centinaia di lastre di altre regioni celesti nel tentativo di scoprirne altri simili. La ricerca condusse a scoprirne un altro nella costellazione del Fornello Chimico. A questo, che non mostrava variabili di tipo RR Lyrae, erano associati alcuni ammassi globulari (a tutt'oggi se ne conoscono sei). Dallo splendore delle loro stelle più brillanti si ricavò una distanza di oltre 600 000 anni luce. Anche questo oggetto era dunque extragalattico, e anzi molto più distante del primo. L'ulteriore ricerca di sistemi stellari di questo tipo, svolta negli anni successivi, ebbe esito negativo finché non venne eseguito il grande atlante fotografico di Mount Palomar (tra il 1949 e il 1956). Nel corso di tale rassegna ne vennero scoperti altri quattro: due nella costellazione del Leone, uno in quella dell'Orsa Minore e uno nel Dragone.

Lo studio di questi sei sistemi ha rivelato che si tratta di agglomerati stellari da dieci a centomila volte più deboli delle galassie ordinarie, aventi diametri compresi tra i 2500 e i 7000 anni luce. Sono diametri enormi rispetto a quelli degli ammassi stellari, ma piccoli rispetto a quelli delle galassie. Gli aggregati potevano, dunque, essere considerati ammassi giganteschi o piccole galassie. Per diverse ragioni, tra cui il fatto che possono contenere essi stessi degli ammassi, è prevalsa la seconda opinione e sono stati chiamati galassie nane (FIG. 104).

Tutte le galassie nane finora ricordate sono comprese entro un raggio di 1 300 000 anni luce da noi. Tenendo presente che entro lo stesso raggio vi sono soltanto tre galassie, per così dire, normali (la nostra e le due Nubi di Magellano) si deduce subito che, se vale la stessa distribuzione nel resto dello spazio, le galassie nane devono essere almeno il doppio di quelle normali. E, in fondo, è molto ragionevole ritenere che ve ne siano anche a distanze maggiori di 1 300 000 anni luce, che a noi sfuggono solo per la difficoltà o l'impossibilità di osservarle.

Inoltre, dopo la scoperta di queste sei galassie nane, di aspetto sferoidale, S. van den Bergh, sempre sull'atlante di Mount Palomar ne trovò molte altre (il suo catalogo del 1959 ne comprende 222), più brillanti ed estese ma



**Fig.104** Una galassia nana nella costellazione del Sestante. Si noti il debole splendore superficiale e l'aspetto molto slegato delle stelle che la compongono (Mount Wilson and Palomar Observatories).

sempre inferiori alle Nubi di Magellano. Anche queste galassie, di vari aspetti (irregolari, spirali, ecc.) concorrono a formare il gruppo delle nane, indubbiamente numerose ma difficili a scoprire e a osservare.

Ma non è solo la debolezza che può nasconderci questi oggetti. Negli ultimi anni è stato scoperto un altro tipo di galassie, che generalmente sfugge all'osservazione: le galassie 'compatte' (FIG. 105). Queste, al contrario delle nane, hanno un notevole splendore superficiale, ma sono di diametro talmente ridotto (sempre, s'intende, su scala galattica) che, se non sono abbastanza vicine, ci appaiono pressoché puntiformi e non sono distinguibili dalle stelle.

Una delle più tipiche è stata osservata all'osservatorio di Mount Palomar dall'astronomo Arp. Quest'oggetto, che nelle fotografie ottenute col più grande telescopio del mondo appare come una stella di magnitudine 18, cioè oltre centomila volte più debole della più debole stella visibile a occhio nudo, è risultato essere distante più di 40 milioni di anni luce e avere un diametro di appena 230 anni luce. Questa galassia ha dunque le dimensioni dei più grandi ammassi globulari, ma è un centinaio di volte più luminosa di questi. Tuttavia il diametro è appena un centesimo di quello delle galassie nane più estese e la sua luminosità dello stesso ordine di quelle più brillanti.

Questa strana galassia è forse al limite inferiore della classe delle galassie compatte, cercate e scoperte negli ultimi anni soprattutto da F. Zwicky.

Servendosi del telescopio Schmidt di Mount Palomar, questo astronomo ha scoperto alcune centinaia di galassie compatte, delle quali le prime sono state già studiate dettagliatamente col riflettore di 5 m. Attraverso queste ultime ricerche Zwicky ha già raggiunto interessanti conclusioni che naturalmente, basandosi solo su pochi casi, sono suscettibili di modifiche.

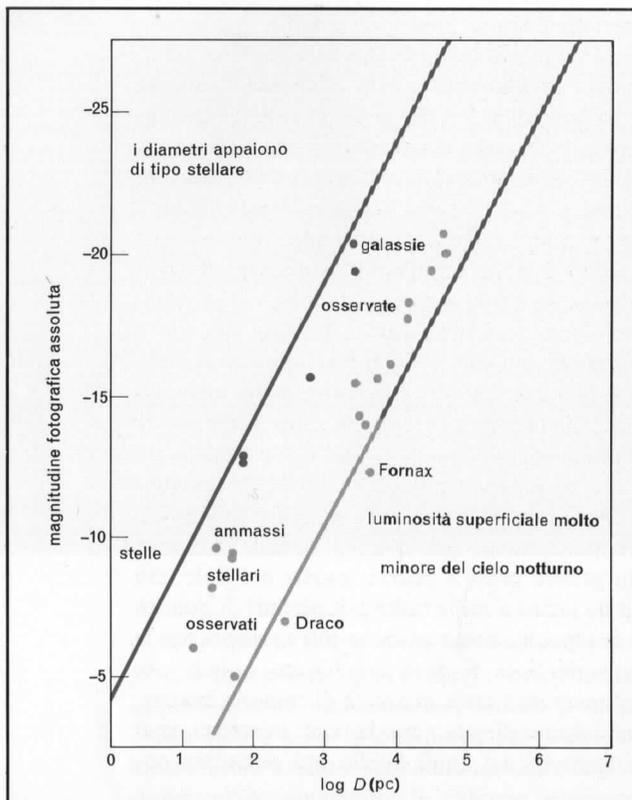
Le galassie compatte finora osservate sono risultate distanti da 30 milioni a 1 miliardo di anni luce. I loro diametri sono compresi tra i 300 e i 7000 anni luce, cioè sono uguali a quelli delle galassie nane o addirittura inferiori. Le loro luminosità sono, invece, eccezionalmente elevate, essendo superiori non solo a quelle delle galassie nane, ma in certi casi anche a quelle delle galassie normali, di ben maggiori dimensioni. Il loro splendore superficiale deve essere dunque estremamente alto. I loro spettri presentano spesso righe in emissione (e talvolta soltanto queste) e righe estremamente allargate, dalle quali Zwicky deduce alte velocità in seno alle galassie stesse e alti valori per le loro masse.

Il risultato raggiunto in questo senso è anzi forse il più sorprendente. Infatti il rapporto tra la massa e la luminosità in queste galassie è da cento a mille volte più grande di quello osservato per il Sole. Poiché la massa media delle stelle corrisponde in genere press'a poco a quella del Sole, ciò significa che queste galassie sono da cento a mille volte più pesanti di quanto dovrebbero risultare se fossero composte, come avviene più o meno per le altre, soltanto da stelle della massa del Sole. Si deve concludere, quindi, che le galassie compatte devono contenere una gran quantità di materia oscura. Questa materia sfugge all'osservazione diretta, ma la sua esistenza può essere intuita attraverso metodi indiretti dei quali quello ora ricordato costituisce un esempio.

Le ricerche su queste strane galassie presentano notevoli difficoltà pra-



**Fig.105** Una galassia compatta scoperta da F. Zwicky (foto Mount Wilson and Palomar Observatories).



**Fig.106** Diagramma di Arp, che mette in rapporto il diametro e la magnitudine assoluta. La zona fra le rette è quella in cui si possono scoprire le galassie con metodi fotografici.

tiche e, d'altra parte, sono ancora agli inizi. Tuttavia la difficoltà maggiore consiste proprio nell'effettiva scoperta sia delle galassie compatte sia di quelle nane. Secondo un diagramma costruito da Arp (FIG. 106), considerando i diametri apparenti e le magnitudini assolute, cioè lo splendore globale intrinseco, le galassie osservabili si dispongono entro una fascia obliqua, relativamente stretta. La parte più bassa di tale striscia contiene gli ammassi stellari, quella più alta le galassie normali. Tra i due gruppi si nota una vasta lacuna nella quale non era stato osservato finora nessun oggetto: la galassia compatta descritta da Arp si colloca proprio in questa zona e sembra costituire, così, un anello di collegamento tra gli ammassi stellari e le galassie.

È importante notare che qualunque oggetto al di fuori di questa fascia

sfugge normalmente alle nostre osservazioni: quelli a sinistra perché, essendo brillanti ma compatti, si confondono con le stelle, quelli a destra perché, essendo troppo estesi in proporzione al loro splendore, vengono cancellati dalla luminosità del fondo del cielo. Tuttavia in rari casi, come abbiamo visto, anche in queste regioni possono essere scoperte delle galassie; per esempio quando galassie compatte, cioè di aspetto stellare, richiamano la nostra attenzione emettendo anche radioonde, oppure quando galassie nane sono abbastanza vicine da poterne osservare le singole stelle. Il fatto che nei casi particolarmente favorevoli si scoprono galassie anche nelle zone vuote, suggerisce fortemente l'idea che l'unica causa di assenza di galassie nella parte del diagramma fuori della striscia, sia proprio l'insufficienza dei nostri mezzi d'osservazione.

Così la scoperta delle galassie compatte e delle galassie nane non solo ci ha fatto conoscere due nuovi tipi di galassie interessantissime, ma ci mostra anche che gli spazi intergalattici sono meno vuoti di come ci erano apparsi appena usciti dalle Nubi di Magellano. Se la nostra vista fosse stata più acuta non avremmo scorto solo la remota galassia di Andromeda ma anche altre galassie, come quelle nane più vicine o quelle compatte più luminose.

Con questa visione il viaggio nel mondo delle galassie è entrato nel suo pieno svolgimento. Abbiamo cominciato con il conoscere le galassie più comuni, di un aspetto che potremmo ormai chiamare classico; ora abbiamo scoperto nuovi tipi di galassie, verso le quali si sono cominciate a indirizzare le nostre ricerche solo da pochi anni. Tra poco incontreremo galassie e oggetti ancora più strani e infine, con un ultimo balzo, ci lanceremo verso i confini dell'universo accessibile, per cercare di abbracciare il mondo nel più vasto sguardo d'insieme che sia possibile. Ma, prima di proseguire, vogliamo cercare ancora una volta con lo sguardo quella parte dello spazio dalla quale siamo partiti.

Guardando dalla Nebulosa di Andromeda, possiamo scorgere ancora, al limite della visibilità a occhio nudo, la nostra Galassia. È un fiocchetto leggermente più piccolo e più debole di M 31 vista dalla Terra. Là, in quel fiocchetto, che è ciò che riusciamo ancora a percepire della luce di miliardi di stelle, c'è anche il nostro Sole e vicino a esso la Terra. Ma ormai siamo nell'impossibilità di cercarlo, o meglio, di sperare di trovarlo. Dalla distanza di M 31 il Sole deve apparire come una stellina di magnitudine 29, cioè cento volte più debole delle stelle che riusciremmo appena a scorgere su fotografie della nostra Galassia, ottenute da M 31 con un telescopio grande come quello di Mount Palomar, il più grande del mondo. E anche se riuscissimo ad avere uno strumento tanto potente da vedere stelle così deboli, urteremmo contro un'altra grande difficoltà. Infatti con esso vedremmo non solo le stelle più luminose ma anche tutte le altre stelle almeno dello

splendore del Sole, che sono un numero grandissimo: milioni, miliardi. Cercare il Sole in mezzo a esse sarebbe come cercare un particolare granellino di sabbia, fino a una profondità di 10 cm, su una spiaggia larga 80 m e lunga 1 km.

È inutile! Ormai dopo la scomparsa della Terra dobbiamo rassegnarci a veder scomparire anche il Sole e tra breve, allontanandoci ancora, vedremo svanire, ingoiata dalla distanza, anche la Galassia. Ma come possono interessarci più, ormai, il Sole e le stelle della Galassia quando stiamo cominciando a contare più galassie di quante stelle vedevamo dalla Terra a occhio nudo e ci stiamo avventurando alla ricerca dei confini dell'universo?

Il mondo delle galassie. Ecco veramente l'immensità! Chi ha sete di cielo la può soddisfare innalzandosi dalla terra nell'atmosfera; chi aspira allo spazio se ne sentirà appagato già nel viaggio Terra-Luna o in un viaggio interplanetario; ma chi anela all'infinito può sentirne l'ebbrezza solo nel mondo delle galassie: là dove l'universo s'incurva, sfuggendo persino alla nostra immaginazione. Lanciarsi in mezzo alle galassie, dopo aver percorso il sistema solare e anche l'intera Galassia, è un po' come volare su tutto il mondo invece di prendere una boccata d'aria sulla porta di casa.

Ed è questo che stiamo facendo ora, viaggiando in questi spazi tanto lontani dal luogo in cui è rimasto il nostro corpo da non ritrovare più neppure la Galassia: abbiamo cominciato con l'affacciarci sul cosmo e ora vi stiamo penetrando, quasi secondo una nuova dimensione, e ci stiamo disperdendo in esso.

## IX

### *Tra le galassie*

Se qualcuno dei nostri compagni di viaggio, affrontando per la prima volta lo spazio extragalattico, è rimasto impressionato dal mondo delle galassie e ha provato le vertigini affacciandosi finalmente sull'immensità del cosmo, a questo punto lo consigliamo di fermarsi. In queste condizioni, infatti, molto difficilmente potrebbe comprendere a pieno le nuove meraviglie che stiamo per conoscere ed esultare di fronte alla visione che ci attende, come non può godere il panorama dalla vetta colui che durante l'ascensione è colpito dal mal di montagna. Ma se, non volendosi contentare di quanto ha scoperto sin qui, vorrà proseguire, sarà bene almeno che sostenga un poco per assuefarsi, perché l'ultima tappa del viaggio, quella che stiamo adesso per affrontare, sta per offrirci visioni ancora più impressionanti.

Mai occhio umano ha potuto scorgere qualcosa di più grande di ciò che stiamo per scorgere. Mai la fantasia aveva osato concepire oggetti e fenomeni come quelli che stiamo per scoprire. E tutto ciò è continuamente intorno a noi e se avessimo una vista più penetrante potremmo scorgerlo tutte le sere al di sopra delle nostre teste.

Anzi, dato che da ora sarebbe praticamente impossibile seguire ancora un itinerario, ci fermeremo in un punto qualsiasi dello spazio già visitato: sulla galassia di Andromeda o isolati nel vuoto, o addirittura sul nostro pianeta, poiché tanto sterminati sono gli spazi che stiamo per scandagliare che osservarli da qui o da M 31 sarebbe la stessa cosa, e da questa base continueremo la nostra esplorazione fino ai limiti estremi dei nostri strumenti e del nostro pensiero.

Naturalmente continueremo a occuparci solo di ciò che è più significativo, lasciando alla fantasia il compito di fornirci una visione generale,