

ma ancora più intenso, ci manifesta la presenza delle stelle più deboli, invisibili individualmente a occhio nudo.

Passano i mesi. Con lo spostarsi del pianeta sull'orbita, l'ammasso non sarà più osservabile essendo in congiunzione col sole e presente quindi nel cielo diurno. Ma la notte saremo colpiti da uno spettacolo ancora più grandioso. Il cielo è dominato quasi completamente da un'enorme ruota del diametro di 120° , appena schiacciata e dello splendore della Via Lattea, disseminata di un'infinità di stelline, di nodi luminosi, di zone oscure, che tracciano, nel complesso, qualcosa di simile a un gigantesco vortice, le cui spire sono formate, alternativamente, da luci e ombre: escono dal centro, da una zona molto più luminosa, e si perdono ai bordi, svanendo nel buio di uno sfondo sul quale non brilla nessuna stella.

Un corpo celeste simile non l'avevamo mai visto dalla Terra. Possiamo anche aggiungere che dalla Terra non lo vedremo mai perché è proprio nel suo interno che la Terra si trova.

Tutte le stelle che vediamo sparse nel cielo o nella fascia della Via Lattea, tutti gli ammassi e le nebulose che abbiamo incontrato e altri tanto lontani che non vedremo mai, stelle doppie e variabili, novae e supernovae, gas e polveri, materia e radiazione in cui siamo immersi, tutto quello che abbiamo conosciuto fino a ora, forma questa specie di immensa città astrale che comprende anche il nostro sistema solare. Là dentro è immerso dunque anche il Sole. Ma se proviamo a cercarlo non riusciamo più a trovarlo. Ormai appare di magnitudine 19; è centosessantamila volte più debole delle stelle appena visibili a occhio nudo e si perde in mezzo a decine di milioni di stelle a esso simili (FIG. 87).

Questa enorme città si chiama Galassia e noi ora possiamo contemplarla in tutta la sua estensione, come in una visione panoramica dall'alto, perché l'ammasso M 13, dove noi ci troviamo, è al di fuori di essa.

Oltre alle due splendide, inconcepibili visioni dell'ammasso globulare e della Galassia, da quel pianeta non vediamo quasi nient'altro. All'infuori di qualche stella dell'ammasso stesso, abbastanza vicina da proiettarsi in direzioni diverse da quella dell'ammasso o della Galassia, il cielo appare completamente privo di stelle. E quando il pianeta percorre le zone intermedie della sua orbita, vediamo sporgere da un lato dell'orizzonte una parte dell'ammasso, dall'altro una parte della Galassia, entrambi separati da una voragine buia e senza stelle: visione che, non avendo l'uguale sulla Terra, ci riesce difficile persino immaginare. È come se due universi si slanciassero nel nulla. Il nulla che sembra dividerli e ingoiarli.

Ma ora torniamo a contemplare la nostra Galassia che sarà il campo della prossima esplorazione. Poi, più tardi, ci avventureremo in quello sterminato spazio vuoto, nel tentativo di scoprire se anche in quel buio si nasconde qualcosa.

VII

La Galassia

STRUTTURA DELLA GALASSIA

Il disco che ci troviamo di fronte e che appare estendersi su tutto il cielo quasi fosse l'intero universo ha, in realtà, un'estensione quasi inconcepibile. Anche questa volta, quindi, per renderci conto delle dimensioni, ricorremo a un modello in scala. Stabiliremo una corrispondenza di 1 cm per ogni 10 000 000 km. Secondo questa scala il Sole avrà un diametro di 1,4 mm (un pallino da fucile), la Terra sarà rappresentata da una microscopica particella di polvere alla distanza di 15 cm e la stella più vicina, Alfa del Centauro, da un altro pallino da fucile a 41 km; tra questi due pallini è il vuoto, dove però, a intervalli più o meno lunghi rispetto a quello iniziale, s'incontrano altri pallini più grandi o più piccoli, raggruppati a due o più, formanti talvolta sciami di alcune centinaia, in cui la distanza reciproca si riduce a pochi chilometri. In questa scala l'intero disco si estende su un diametro di 926 000 km. Un granello di polvere nei pressi di un migliarino, in un disco di diametro superiore al doppio della distanza Terra-Luna: questi sono la Terra e il Sole nella Galassia.

Tornando alle dimensioni reali, il diametro della Galassia è talmente grande che la luce, per percorrerlo da un estremo all'altro, impiega centomila anni. Lo spessore di questo disco è notevolmente inferiore, sui 1700 anni luce, escluse le zone centrali dove presenta un rigonfiamento, detto anche bulbo, il cui spessore raggiunge i 16 000 anni luce.

Il disco, benché contenga la maggior parte della materia, non è l'unico componente della Galassia. Intorno a esso si estende una zona quasi sferica, detta corona o alone, composta dagli ammassi globulari, da una nebbia di stelle sparse non appartenenti agli ammassi e da una piccola percentuale di gas (FIG. 88). Sia le stelle che gli ammassi sono tanto più

numerosi quanto più ci si avvicina al disco, soprattutto verso il centro della Galassia. Molte delle stelle osservate nell'alone sono variabili di tipo RR Lyrae che, appartenendo alla categoria delle cefei, possono essere perfettamente localizzate, attraverso la legge periodo-luminosità, anche per quanto riguarda la distanza. Ciò vale anche per gli ammassi globulari che contengono variabili RR Lyrae. Per gli altri la distanza viene ricavata stimandone luminosità e diametro. In pratica l'alone galattico risulta essere un insieme di stelle e di ammassi globulari a bassa concentrazione, tanto che, per un osservatore situato in un punto qualsiasi di esso, non solo le stelle ma anche gli ammassi globulari, tranne i pochi più prossimi, sono addirittura invisibili a occhio nudo. Scendiamo ora verso il disco nel quale si trova anche il Sole. Qui cresce notevolmente il numero delle stelle e troviamo in grande abbondanza tutto ciò che avevamo già conosciuto: ammassi, nebulose gassose, associazioni di stelle in formazione immerse in nubi di materia amorfa e, tra le stelle, polveri e gas sparsi in gran quantità.

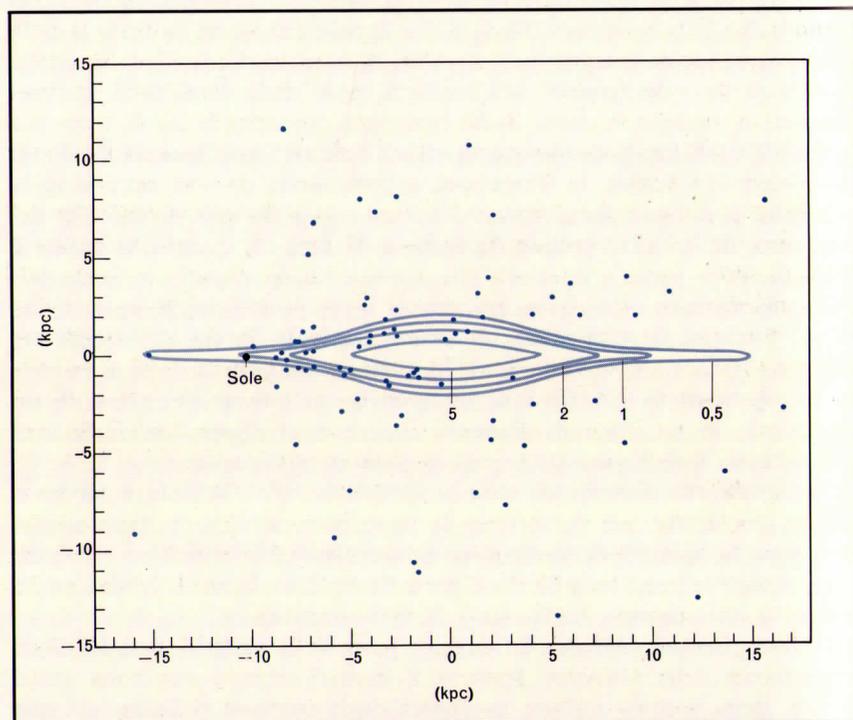


Fig.88 La Galassia e gli ammassi globulari visti di taglio. Il punto nero indica la posizione del Sole. Le curve indicano la densità del disco (densità vicino al Sole = 1).

La maggior parte di questi milioni di stelle, di queste migliaia di ammassi e associazioni e del gas interstellare non sono distribuiti uniformemente su tutto il disco ma sono raccolti soprattutto in ampie spire, separate tra loro da zone relativamente vuote. La scoperta di queste spire (che avevamo visto così bene dall'ammasso M 13) è stata, in realtà, molto difficile, per il fatto che la Terra, nostro osservatorio, è dentro la Galassia e l'esplorazione ottica a grandi distanze è preclusa dalla polvere interstellare.

Solo nel 1951, misurando con gran cura le distanze di stelle ad alta luminosità o di altri oggetti relativamente brillanti, come alcuni ammassi e nebulose, W. W. Morgan e altri astronomi dell'osservatorio di Yerkes poterono tracciare alcuni frammenti di tre bracci spirali nei dintorni del Sole, uno dei quali è quello in cui si trova il Sole stesso. Si potevano così localizzare bene, in seno alla Galassia, la nebulosa di Orione, le nubi del Cigno e altre famose zone. Tutto ciò entro un raggio di circa 16 000 anni luce, il che equivaleva, su scala galattica, a poco più dei dintorni del Sole.

In quello stesso anno 1951, però, veniva compiuta una scoperta che in pochissimo tempo avrebbe risolto anche questo problema: quella dell'idrogeno neutro galattico. La possibilità di individuare idrogeno neutro nello spazio attraverso una riga emessa (o assorbita) alla lunghezza d'onda di 21,11 cm era stata prospettata già nel 1944 da H. van de Hulst. Questa riga è dovuta al diverso spin del protone e dell'elettrone.

Come è noto, l'idrogeno è composto da un protone e da un elettrone; ammettendo che ognuna delle due particelle giri su sé stessa, potrà avvenire che, guardate da uno stesso polo, entrambe girino nello stesso senso oppure l'una nel senso opposto a quello dell'altra. Nel primo caso si dice che gli spin sono paralleli e all'atomo compete un livello energetico più alto, nel secondo che sono antiparalleli e l'atomo ha un livello energetico più basso. La differenza di energia tra uno stato e l'altro corrisponde all'emissione (o all'assorbimento) di radiazione della lunghezza d'onda di 21,1 cm. Questa eccitazione di un atomo di idrogeno può avvenire per collisione con elettroni o con altri atomi ma, dato che nei bracci della Galassia sembra vi sia appena un atomo di gas per cm^3 , l'evento è molto raro, verificandosi ogni qualche milione di anni. Inoltre, l'atomo così eccitato torna al livello fondamentale, emettendo radiazione a 21 cm, dopo circa 10 milioni di anni. L'evento non sarebbe quindi osservabile da parte nostra per un singolo atomo. Ma nelle profondità dello spazio si può raggiungere un numero enorme di atomi, allineati a distanze grandissime lungo la stessa visuale, dato che il gas (al contrario della polvere) è trasparente. Si poteva sperare dunque di ricevere l'eventuale radiazione a 21 cm.

A questa lunghezza d'onda la radiazione non è visibile con l'occhio né con strumenti ottici e può essere rivelata solo attraverso apparecchiature radio. Durante la seconda guerra mondiale la radioastronomia era addi-

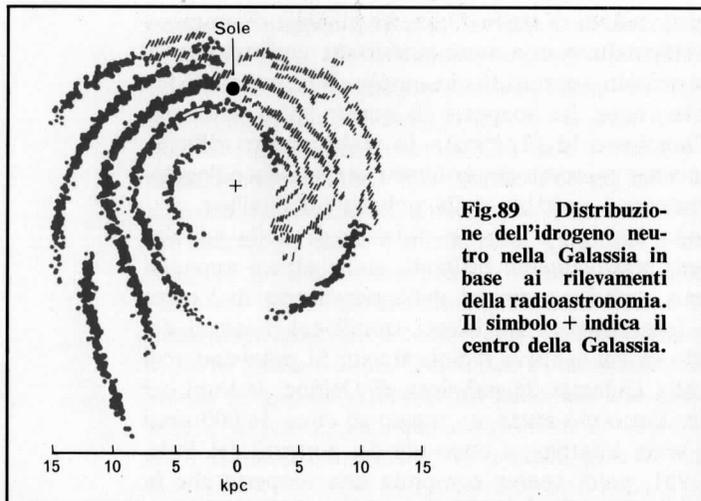


Fig. 89 Distribuzione dell'idrogeno neutro nella Galassia in base ai rilevamenti della radioastronomia. Il simbolo + indica il centro della Galassia.

rittura protetta dal segreto militare, ma col suo diffondersi, subito dopo, la previsione di van de Hulst poté essere confermata ad Harvard da H. I. Ewen e E. M. Purcell, con la scoperta dell'idrogeno neutro interstellare.

L'idrogeno neutro era presente essenzialmente in prossimità del piano equatoriale galattico. Poco dopo i radioastronomi olandesi e australiani iniziarono una ricerca sistematica per localizzarlo esattamente e ne ottennero una mappa quasi completa (FIG. 89). Da questa emersero nette, anche se un po' intricate, le spire, concentriche al nucleo della Galassia. Purtroppo l'imprecisione delle misure ottiche e la distanza relativamente scarsa entro la quale possiamo disporre, rende difficile il confronto tra i bracci definiti dalle stelle e quelli formati dall'idrogeno neutro. Così non sappiamo ancora se le spire dell'idrogeno neutro coincidono perfettamente o no con quelle delle stelle e delle nebulose di idrogeno ionizzato (come quella di Orione e altre simili). Una cosa tuttavia è certa: la struttura della Galassia è spirale e a dimostrarcelo non sono più soltanto quei tre tronconi costruiti a fatica nel 1951, ma tutto l'idrogeno neutro che si svolge con un simile disegno sull'intero suo piano equatoriale.

TRA LE STELLE

Quando eravamo appena usciti dal sistema solare ritenevamo che tra una stella e l'altra ci fosse il vuoto. Poi, dopo aver incontrato le nebulose e le nubi oscure, abbiamo compreso che, almeno in certe zone, questo non avveniva (anche se la densità di quelle nebulose è inferiore a quella del

vuoto più spinto ottenibile nei nostri laboratori). Ora veniamo a sapere che gli spazi interstellari ospitano in abbondanza anche polveri e gas.

La prima scoperta

Il primo elemento scoperto fu il calcio, le cui righe furono trovate da J. Hartmann, nel 1905, nello spettro della stella δ Orionis. Dall'eccezionale intensità delle righe H e K in assorbimento e dal confronto con quelle presenti negli spettri di stelle dello stesso tipo molto più vicine, Hartmann concluse che c'era del calcio interposto tra noi e la stella, a cui erano dovute le righe. Successivamente fu scoperta la presenza di altri elementi, come il ferro, il potassio, il titanio, e di molecole, come i radicali CN e CH. Il gas è distribuito in ragione di un atomo per centimetro cubo, ma nelle nubi più dense questo valore aumenta di almeno mille volte.

Questo gas, interposto tra noi e le stelle, si può scoprire fino a quando le stelle del fondo sono visibili. Purtroppo, la loro luce viene indebolita o addirittura estinta dalla polvere interstellare. Anche la quantità della polvere, in piccoli volumi, è assolutamente esigua: si stima che, sempre escludendo le zone più dense, vi siano da 25 a 50 particelle di polvere, di non più di 1/1000 mm, per ogni kilometro cubo di spazio. Sommando l'effetto assorbente su grandi distanze, l'estinzione della luce delle stelle più lontane diviene notevole, tanto che, per distanze superiori ai 3000 anni luce, non distinguiamo più bene nemmeno le stesse nubi di polvere, per la riduzione del contrasto con le altre zone, sia perché le stelle dietro le nubi più lontane divengono molto più deboli data la maggior distanza, sia perché si sommano gli effetti di nubi locali in diverse direzioni ma a diverse distanze e l'effetto generale della polvere diffusa, anche se in minor percentuale, fuori delle nubi.

L'idrogeno neutro

Tale limitazione delle onde luminose è molto ridotta per quelle più lunghe e praticamente inesistente per le radioonde. Abbiamo già approfittato di questa importante proprietà per scoprire la distribuzione spirale dell'idrogeno neutro. Ci sarà ancora utile per sapere qualcosa di più sull'idrogeno stesso e per scoprire se esistono altri elementi o composti. La cosa è di grande importanza poiché finora abbiamo visto, sì, quali elementi e composti formano i corpi celesti ma, a eccezione dei pianeti del nostro sistema solare, si trattava di corpi ad altissime temperature. Ora vorremmo sapere cosa possiamo trovare nello spazio interstellare, dove la temperatura è quasi prossima allo zero assoluto ma, in fondo, più vicina a quelle dei pianeti.

Cominciamo dall'idrogeno neutro che abbiamo già incontrato. È distribuito sul piano galattico entro lo spessore, relativamente piccolo, di

circa 300 anni luce, secondo spire e archi. Spesso si presenta anche in nubi di piccole dimensioni, del diametro di una ventina di anni luce, con una massa di meno di cinquanta volte quella del Sole e una densità media di 20 atomi per centimetro cubo. Si ritiene che la massa totale dell'idrogeno neutro rappresenti il 2% di quella dell'intera Galassia.

Nel giugno del 1970, attraverso osservazioni dello spettro ultravioletto, compiute fuori dell'atmosfera terrestre, l'idrogeno fu trovato anche allo stato molecolare.

Il radicale OH

Intanto i radioastronomi ci stupivano continuamente con scoperte sempre più straordinarie su altre molecole presenti negli spazi interstellari. La serie fu iniziata dal radicale OH. La molecola OH, formata da un atomo d'ossigeno e da uno d'idrogeno, è nota in chimica (col nome di ossidrile) soprattutto perché è alla base di un gran numero di altre molecole, tra le quali quella dell'acqua. La fisica atomica ci dice che il livello energetico fondamentale in cui si trova questa molecola è diviso in quattro livelli e le transizioni elettroniche dall'uno all'altro possono provocare l'emissione o l'assorbimento di radiazione alle frequenze di 1612, 1665, 1667 e 1720 MHz, cioè tutte intorno alla lunghezza d'onda di 18 cm.

La presenza di nubi di OH nello spazio cosmico venne scoperta per caso, nel 1963, da radioastronomi del Massachusetts Institute of Technology (MIT). Esse si manifestavano come zone che assorbivano la radiazione proveniente da intense radiosorgenti di fondo intorno a 18 cm, come previsto. Nel 1965 i fisici di Berkeley e di Harvard scoprirono anche l'OH in emissione. Il confronto con la distribuzione dell'idrogeno mostrò subito che l'OH è più concentrato dell'idrogeno neutro (HI) nelle regioni centrali della Galassia. Infatti, nei dintorni del Sole la proporzione tra OH e HI è di 1/5 000 000; procedendo verso il centro passa a 1/1 250 000; intorno a 12 000 anni luce dal centro diventa 1/1 000 000 e nella zona centrale giunge a 1/250 000. Idrogeno e OH non appaiono mescolati per formare le stesse nubi, come è stato dimostrato dalla scoperta che, almeno in alcune zone centrali della Galassia, si muovono con velocità diverse.

Oltre a queste scoperte sulla distribuzione dell'OH in grande, si trovò anche che questa molecola appare spesso in zone H II, cioè associata a quelle nebulose di idrogeno ionizzato (H II) nelle quali avevamo trovato immerse le associazioni, contenenti stelle in formazione. Si sospettò subito che queste regioni OH non fossero molto estese. Le prime misure delle loro dimensioni avevano rivelato che i diametri apparenti non dovevano essere superiori a 5-10'. Nell'intento di aumentare il potere risolutivo, vennero compiute misure interferometriche, usando due radiotelescopi distanti 700 m ma combinati insieme in modo da formare un unico

strumento. Queste misure, eseguite indipendentemente al MIT e al California Institute of Technology (Caltech), mostrarono che i diametri delle sorgenti dovevano essere inferiori a 22".

Ricerche successive, eseguite collegando osservatori sempre più distanti, abbassavano sempre più il valore del massimo diametro possibile. Si decideva allora di combinare le antenne paraboliche di quattro osservatori: nel Massachusetts, in California, nella West Virginia e in Svezia. Raffinando la tecnica in modo da assicurare la perfetta simultaneità delle osservazioni, si poteva disporre, per la prima volta nella storia dell'astrofisica, di uno strumento colossale, del diametro massimo di ben 7720 km, pari alla distanza dalla stazione californiana a quella svedese.

Così veniva compiuta, finalmente, la grande scoperta. Prima di tutto si trovò che una di queste sorgenti, situata nella zona indicata con la sigla W 3, era composta da sette sorgenti pressoché puntiformi. Poi, usando la base Svezia-California, si poté misurare il diametro apparente della più piccola, che risultò di appena 5 millesimi di secondo. Alla distanza adottata per W 3, l'oggetto risultava avere un diametro pari a quello dell'orbita di Marte. Non poteva essere dunque che una stella, gigantesca ma sempre di diametro inferiore a quello delle più grandi stelle conosciute.

L'importanza della scoperta non consisteva soltanto nell'aver rivelato la presenza di stelle misteriose la cui esistenza non era mai stata sospettata, ma anche e soprattutto nel fatto che l'energia emessa, essendo concentrata in un volume relativamente limitato, doveva essere enorme. Per la sorgente in W 3, ad esempio, il calcolo mostrò che la stella avrebbe dovuto avere una temperatura di 10 000 000 K. È una temperatura troppo alta che non può assolutamente corrispondere a un'emissione di energia in uno dei modi finora conosciuti. Forse questa viene invece prodotta con un processo di amplificazione sul tipo del maser. Ammettendo che le molecole che formano le righe nello spettro radio dell'OH vengano portate in qualche modo ai livelli eccitati, quando sono investite da radio onde della frequenza opportuna, passeranno al livello inferiore, cedendo la loro energia all'onda investitrice che può venire, così, fortemente amplificata. Naturalmente resta da risolvere il problema di come vengano eccitate le molecole dell'OH. Ciò potrebbe avvenire in diversi modi, per esempio a opera di radiazione ultravioletta o infrarossa. È proprio quest'ultima la radiazione che devono prevalentemente irradiare le protostelle, a temperature relativamente basse. L'astrofisico russo Shklovskij, infatti, ha espresso l'ipotesi che le zone OH coincidano proprio con quelle protostelle che precedono la fase delle variabili nebulari e che finora non si riusciva a osservare.

Questa ipotesi viene sempre più avvalorata da altre scoperte. Nel 1967 E. E. Becklin e G. Neugebauer avevano trovato in Orione una sorgente infrarossa di aspetto stellare, che ritenevano una protostella; ebbene, poco

dopo, i radioastronomi E. Raimond e B. Eliasson trovarono che la sorgente OH in emissione già nota in Orione coincide proprio con questo oggetto infrarosso. Ma non basta. Neugebauer e R. Leighton hanno osservato moltissime stelle infrarosse. Studiando successivamente venti di esse non associate a zone H II, è risultato che quattro sono sede di sorgenti OH in emissione.

Le sorgenti OH sembrano dunque associate alle protostelle. Ma non solo a queste. Più recentemente sono state scoperte anche diverse sorgenti OH in corrispondenza di variabili a lungo periodo. Così vi sarebbero mascherate OH di due tipi: un primo associato alle stelle giovani e un secondo a quelle in una fase evolutiva molto avanzata. In entrambi i casi si tratta di stelle che hanno involucri tenui ma estesissimi che, nel primo caso, sono frequentissime nelle zone H II, cioè in quelle nubi di idrogeno ionizzato alle quali, forse solo per questa combinazione, erano state associate fin dal primo momento.

Altre molecole

Le scoperte sul radicale OH non devono farci dimenticare le altre molecole, nel campo delle quali si stanno compiendo scoperte ricche di prospettive fantastiche e che sono, già da ora, perlomeno sconcertanti.

Nel 1968 fu scoperta, in emissione, l'ammoniaca (NH_3). All'inizio del 1969 venne scoperto il vapore acqueo (H_2O), nella nebulosa di Orione, nella nube Sagittarius B 2 e in quella W 49, nell'Aquila. Già avevamo trovato vapore acqueo nelle parti più esterne di certe atmosfere stellari; ora abbiamo una nuova conferma della sua presenza e abbondanza nell'universo attraverso l'esistenza di vere e proprie nubi di vapore interstellari. Nel marzo dello stesso anno venne scoperta la prima molecola poliatomiche organica, quella della formaldeide (H_2CO). A differenza dell' NH_3 e dell' H_2O , presenti solo in certe regioni, questa venne trovata in diverse zone della Galassia, addirittura nel 60% delle sorgenti nelle quali era stata cercata. Nelle zone centrali della Galassia si è trovato che si muove con le stesse velocità dell'OH, e ciò significa che OH e formaldeide possono concorrere a formare le stesse nubi interstellari.

Nell'aprile 1970 le radioonde ci rivelarono l'ossido di carbonio (CO) e il cianogeno (CN). Il secondo era stato già trovato otticamente. Il primo è particolarmente importante perché interviene nella formaldeide. Tuttavia per ora non è ben chiaro se la sua presenza è necessaria per formare la formaldeide unendosi all'abbondantissimo idrogeno interstellare o se esso è il risultato della scissione in H_2 e CO di una primitiva formaldeide, a opera di un intenso irraggiamento.

Nel giugno del 1970 è stato scoperto l'acido cianidrico (HCN), di grande interesse organico perché, almeno nei nostri laboratori, ha una parte

importante nella formazione degli amminoacidi più semplici. Un mese dopo fu scoperta la molecola dell'acido isocianico (HC_3N) in emissione nella radiosorgente del centro galattico e, in novembre, la molecola forse più inattesa: quella dell'alcool metilico, o spirito di legno (CH_3OH) osservata nella direzione delle due sorgenti Sagittarius A e Sagittarius B.

La scoperta di molecole interstellari proseguì a ritmo crescente. Nel gennaio del 1971 fu annunciata quella dell'acido formico (H_2CO_2), l'acido organico più semplice presente, sulla Terra, nell'ortica, nelle api e nelle formiche, che nella Galassia fu rinvenuto in emissione nella radiosorgente Sagittarius A. Nel marzo venne scoperta la formammide (NH_2COH). Da allora alla fine del 1975 sono state scoperte oltre venti nuove molecole, per la maggior parte nelle radiosorgenti del centro della Galassia. Tra queste è di particolare importanza la metilammina (CH_3NH_2), scoperta all'inizio del 1974, che può reagire con l'acido formico per formare la glicina, che è il più semplice degli amminoacidi, dai quali si formano le proteine che, come è noto, insieme agli acidi nucleici costituiscono i principali mattoni della vita sul nostro pianeta. Nel febbraio del 1975 fu annunciata la scoperta dell'acrilonitrile (CH_2CHCN), che sulla Terra viene usato per produrre fibre o gomme sintetiche e certe materie plastiche. E la ricerca, nonché le scoperte, continuano.

Non possiamo indugiare ora su alcuni punti tuttora oggetto di ricerca, come le dimensioni delle nubi, la loro origine, la variabilità dell'emissione radio. Ma un fatto fondamentale è stato ormai stabilito con certezza negli ultimi anni: la presenza di un gran numero di molecole organiche nello spazio interstellare. Quando abbiamo cercato di scoprire la composizione dei corpi celesti vi abbiamo trovato gli stessi elementi presenti sulla Terra, ma siccome studiavamo corpi ad alte temperature trovavamo solo atomi, spesso addirittura ionizzati. Appena abbiamo considerato le stelle a temperature meno alte, abbiamo trovato composti molecolari. E ora, non appena abbiamo potuto cominciare a esplorare lo spazio interstellare con mezzi idonei, scopriamo che quel vuoto freddo e immenso contiene molecole addirittura organiche o, come quelle dell' H_2O e dell' NH_3 , fortemente collegate al nostro mondo organico.

E non basta. Abbiamo trovato che la maggior parte di queste molecole sono presenti solo in zone relativamente ristrette, dove molte stelle si trovano contemporaneamente nelle prime fasi dell'evoluzione. Probabilmente è proprio nel breve periodo in cui una stella nasce, dalla contrazione della nube primitiva, che nella stessa nube in fase di condensazione appaiono le molecole. Queste devono quindi arricchire anche le atmosfere dei pianeti i quali, come sembra ormai sicuro, si formano nella stessa epoca. In seguito il resto del gas interplanetario viene soffiato via dalla stella

centrale che, essendo divenuta molto più calda e splendente, dissocia anche le molecole che lo compongono.

Tuttavia un qualche materiale organico extraterrestre deve rimanere nello spazio interplanetario perché ciò sembra essere provato da un'altra grande scoperta: la presenza di amminoacidi abiologici in un meteorite.

Le attuali scoperte della presenza nello spazio di molecole interstellari organiche e di amminoacidi, non sono ancora perfettamente collegate fra loro ma appaiono già chiaramente come i due piloni fondamentali sui quali si potrà poggiare il ponte che collegherà l'infuocato mondo primitivo delle stelle e della materia cosmica a quello delicato e sensibile degli esseri viventi. Lo studio della struttura e della composizione della Galassia ci ha condotto dunque, forse, al primo gradino del mondo vivente: la fabbrica nella quale viene preparato il materiale con cui tutto questo mondo viene poi costruito.

LA GALASSIA SI MUOVE

Mentre vagavamo qua e là per la Galassia, prima scoprendo l'alone da un punto del quale, in prossimità di M 13, eravamo partiti, poi scendendo nel disco dove abbiamo esplorato gli spazi interstellari, non ci eravamo potuti accorgere di un fenomeno importantissimo: che la Galassia stessa si muove.

Avevamo già visto che tutti i corpi celesti da noi incontrati si muovono: i pianeti, le stelle, gli ammassi. Ora stiamo per conoscere come si muove complessivamente tutto il mondo stellare che abbiamo appena finito di scoprire. Forse le stelle emigrano tutte insieme in un'unica direzione, come un immenso sciame, verso un'ignota meta comune; forse si spostano individualmente o a piccoli gruppi in tutte le direzioni, come le

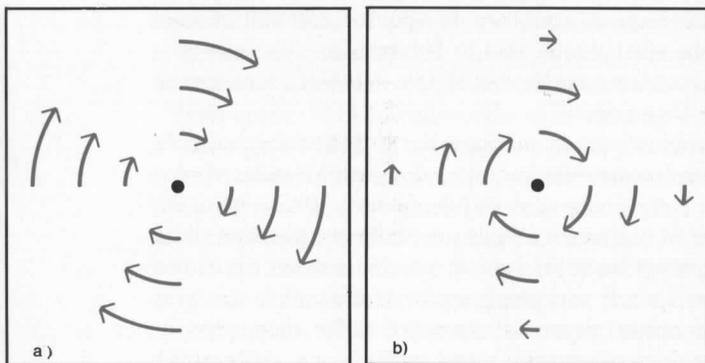


Fig.90 Rotazione galattica: in a) quella di un corpo rigido; in b) di tipo kepleriano.

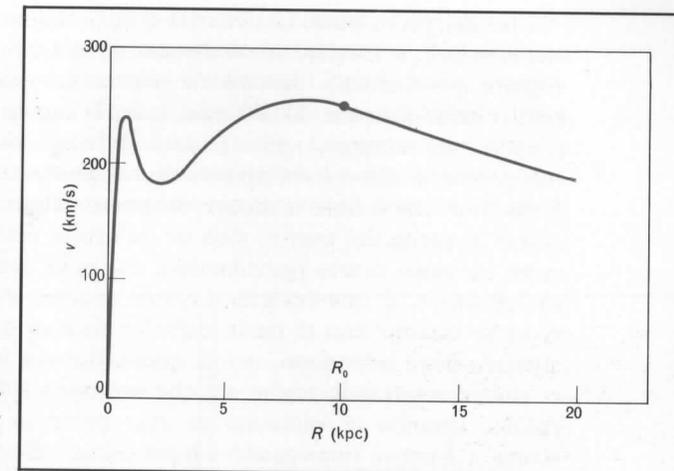


Fig.91 Curva di rotazione della Galassia: essa risulta dalla composizione dei due tipi di rotazione illustrati in Fig. 90.

molecole di un liquido messo a scaldare in una pentola. Niente di tutto questo. Tutto ruota intorno al centro della Galassia.

È una rotazione piuttosto strana, però. Non come quella di un corpo rigido, per esempio un disco fonografico, nel quale la velocità è tanto maggiore quanto più ci si allontana dal centro, come avverrebbe se tutti i corpi a essa appartenenti (e quindi le loro masse) fossero uniformemente distribuiti nel disco (FIG. 90a). E neppure con moto kepleriano, come quello dei pianeti intorno al Sole, in cui la velocità diminuisce man mano che ci si allontana verso l'esterno, fatto che invece si verificherebbe se tutta la massa della Galassia fosse situata nel centro (FIG. 90b). Il moto reale è una composizione dei due effetti (FIG. 91). Dal centro alla distanza di circa 5000 anni luce la rotazione avviene come per un corpo rigido; tra i 10 000 e i 25 000 anni luce la velocità di rotazione circolare cambia leggermente, non corrispondendo né a un puro moto di corpo solido né a uno kepleriano. Al di là di questo limite la velocità scende nettamente e il moto avviene secondo la terza legge di Keplero.

Ciò significa che entro i 5000 anni luce la massa è distribuita pressoché uniformemente e che al di là dei 25 000 ne rimane talmente poca da far sì che quella parte del sistema si comporti come se l'intera massa fosse raccolta nel centro. In altre parole, da come la Galassia ruota, si vede che la maggior parte della massa, e quindi dei corpi che la compongono, devono essere nelle zone centrali.

Questi risultati sono stati raggiunti a prezzo di notevoli sforzi, sia di osservazione sia teorici, in quasi un secolo di ricerche, che hanno condotto ad altre interessanti scoperte nella Galassia e sui corpi che la compongono.

Uno dei primi punti da chiarire è la posizione e il moto del nostro sistema solare, o meglio, come diremo da ora in poi, del Sole, suo centro, rispetto alla Galassia. Secondo le più recenti valutazioni, il Sole dista dal centro della Galassia 30 000 anni luce. Il suo moto si può misurare riferendosi, per esempio, agli ammassi globulari, che costituiscono un sistema esterno al disco e certamente non soggetto allo stesso moto di questo. È risultato che il Sole si muove nel piano galattico, in direzione perpendicolare a quella del centro, cioè su un'orbita pressoché circolare, che percorre in senso orario (guardandola dal polo nord galattico) alla velocità di 250 km/s. È una velocità davvero enorme che ci fa tanto più impressione in quanto non si tratta della velocità di un qualsiasi corpo remoto studiato dagli astronomi, ma di quella con cui in questo stesso momento ci stiamo muovendo anche noi che seguiamo il Sole nella sua corsa nello spazio. Quando ci vantiamo di aver percorso l'autostrada del Sole da Roma a Firenze impiegando cinque minuti di meno di un nostro amico, cerchiamo di ricordarci che la stessa distanza l'abbiamo percorsa, trasportati dalla Terra, in un solo secondo e che in fondo non c'è persona sedentaria che, senza muoversi dalla sua poltrona, non possa vantare di aver percorso alla fine di ogni giornata una decina di milioni di chilometri.

Andando di questo passo potremmo sperare di fare rapidamente il giro della Galassia e vedere nuovi panorami, trasportati da questa magnifica astronave che si chiama Terra.

Purtroppo la cosa non è così semplice per due ragioni. La prima è che compiamo effettivamente il giro della Galassia ma, nonostante l'altissima velocità, impieghiamo molto tempo perché il percorso è lungo. Non dimentichiamo che il raggio corrispondente alla circonferenza che percorriamo è di 30 000 anni luce. L'intero percorso è dunque di 188 400 anni luce che, anche alla velocità di 250 km/s possiamo percorrere solo in 226 milioni di anni. Sembra una cifra enorme e lo è infatti ma solo rispetto alla brevità della nostra vita e a quella delle specie che popolano la Terra.

Quando apparvero i primi uomini, un milione di anni fa, il Sole e i suoi pianeti, compresa la Terra, erano in pratica nella stessa zona nella quale ci troviamo ora: cioè appena 1 cm indietro su un percorso di 2,26 m. Ma, se risaliamo nelle ere geologiche, il riferimento di tanti eventi verificatisi sulla superficie della Terra allo spostamento della Terra stessa in seno alla Galassia, ci darà un termine di paragone molto significativo per confrontare tempi e spazi. Ci accorgeremo allora che gli ultimi sauri, in via di estinzione, vissero in quella parte della Galassia che è diametralmente opposta a quella nella quale ci troviamo ora noi e i loro progenitori addirittura nella zona immediatamente precedente. I primi mammiferi, invece, apparvero nella stessa posizione in cui siamo ora ma esatta-

mente un giro prima: in un giro completo della Galassia, dunque, i mammiferi si sono sviluppati dai tipi primitivi alle forme attuali. Nel secondo giro da ora, retrocedendo nel tempo, apparvero i primi rettili, i primi anfibi e i primi vertebrati. Anche questi ultimi apparvero quando la Terra era nella zona attuale ma due rivoluzioni prima. Da quando la vita ha cominciato a svilupparsi nelle forme più rudimentali e attraverso i primi invertebrati, il nostro pianeta ha compiuto almeno tre rivoluzioni complete

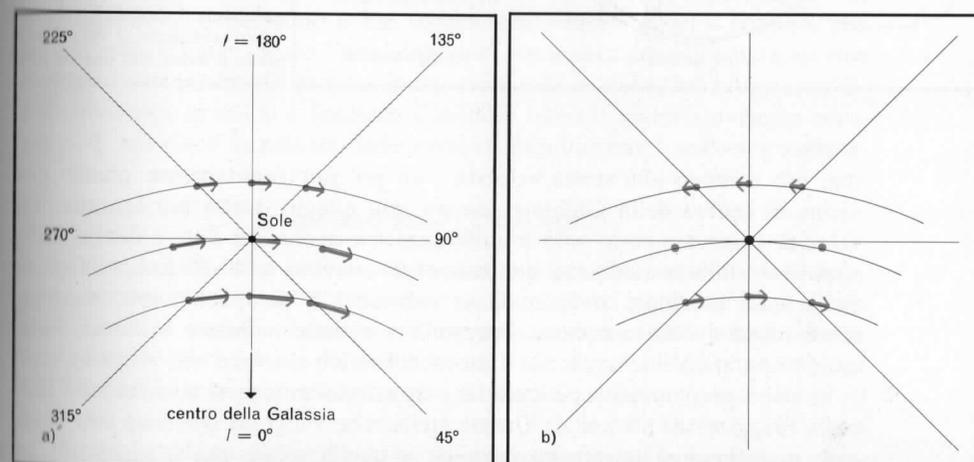


Fig.92 Rotazione differenziale della Galassia: in a) velocità delle stelle relative al centro della Galassia come appaiono a un osservatore esterno; in b) come appare il moto delle stesse stelle visto dal Sole.

intorno al centro della Galassia. Questa è ancora una piccola parte del suo viaggio nello spazio, poiché dall'epoca della sua formazione, o meglio della formazione della crosta solida (circa 4 miliardi e mezzo di anni fa), ha compiuto una ventina di volte questo lungo percorso del quale l'uomo, dalla sua origine a oggi, ha percorso solo un duecentoventiseiesimo.

La seconda ragione che impedirebbe al panorama di variare tanto rapidamente è che il Sole non si muove in mezzo a stelle ferme, poiché tutto il disco della Galassia, come si è visto ora, è in rapida rotazione. D'altra parte, almeno nei dintorni del Sole, il disco non si muove come un corpo rigido. Le stelle quindi, secondo che vadano più rapidamente o più adagio del Sole, mostreranno un moto relativo che le farà spostare rispetto a noi, ma molto più lentamente di quanto avverrebbe se soltanto il Sole si muovesse in mezzo alle altre stelle, ferme. Consideriamo le stelle vicine al Sole (FIG. 92); esse si muovono tutte in direzione parallela alla

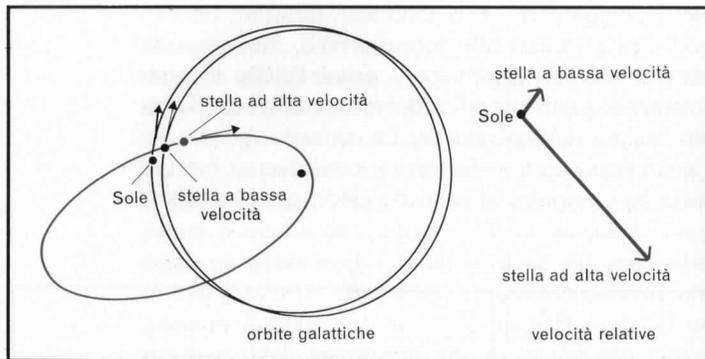


Fig.93 Stelle ad alta e a bassa velocità: a sinistra, l'orbita di una stella ad alta velocità giace in un piano che è all'infuori del piano galattico, mentre l'orbita di una stella a bassa velocità, come il Sole, si trova entro il piano galattico. A destra, le velocità relative rispetto al Sole di una stella a bassa e di una ad alta velocità (in scala maggiore).

sua, più o meno alla stessa velocità: un po' più rapidamente quelle più vicine al centro della Galassia, un po' più adagio quelle più lontane. Le velocità osservate sono solo le differenze tra quella del Sole e quelle delle rispettive stelle e risultano generalmente inferiori a 40-50 km/s. Queste stelle sono chiamate *stelle a bassa velocità*. Un comportamento analogo viene mostrato dalla materia interstellare e dalle nebulose brillanti, indicando che anch'esse seguono il moto del sistema solare nello spazio.

Vi sono però moltissime stelle che appaiono muoversi con velocità elevate, maggiori di 80 km/s. Queste stelle, che vengono dette *ad alta velocità*, non seguono traiettorie parallele a quella solare ma si muovono su orbite a forte eccentricità che incrociano quella del Sole (FIG. 93). Quindi sono solo temporaneamente vicine a esso. Le loro velocità reali possono benissimo essere uguali a quella solare ma le velocità relative appaiono diverse perché sono diverse le direzioni dei rispettivi moti. Inoltre, mentre la velocità del Sole è pressoché costante, essendo l'orbita circolare, quella di tali stelle, data la notevole ellitticità delle orbite, varia fortemente da un punto all'altro (per la II legge di Keplero), raggiungendo un massimo in prossimità del centro galattico e un minimo alla massima distanza.

Le orbite delle stelle ad alta velocità non giacciono tutte sul disco galattico ma su piani che hanno tutte le inclinazioni possibili rispetto a quello dell'equatore galattico, come avviene per le comete nel sistema solare. Così le stelle ad alta velocità si allontanano dalle zone centrali della Galassia, con escursioni periodiche nell'alone. Meglio ancora: sono stelle dell'alone che soltanto per una parte della loro orbita si tuffano nel disco. Si ritiene che anche gli ammassi globulari percorrano orbite simili. Questo fatto spiega perché il numero delle stelle dell'alone e degli ammassi globulari cresce man mano che ci avviciniamo alle regioni centrali della Galassia. Infatti in prossimità di queste devono passare tutte le stelle e tutti

gli ammassi dell'alone, mentre alle grandi distanze dal centro, per le diverse inclinazioni delle orbite, si sparpagliano nelle varie direzioni.

A questo punto va notato un ultimo fatto importante. È stato scoperto che le stelle ad alta velocità sono di Popolazione II, e poiché anche gli ammassi globulari sono formati da stelle di quel tipo, dobbiamo concludere che l'alone è composto interamente da stelle di Popolazione II.

Il disco e l'alone, dunque, non solo presentano caratteristiche strutturali e dinamiche diverse, ma sono composti anche da due diversi tipi di stelle: la Popolazione I e la Popolazione II. Ricordando che queste due popolazioni corrispondono a due diverse età, veniamo così a scoprire che la Galassia attuale, quale l'abbiamo ora conosciuta, si è formata in due epoche diverse: una più remota in cui sono nate le stelle dell'alone e un'altra successiva in cui si è formato il disco e tutto il materiale che lo compone. E nel disco la nascita delle stelle di Popolazione I ancora continua.

QUANTO PESA LA GALASSIA

Abbiamo scoperto che tutte le stelle, tutti i corpi che abbiamo visto finora e moltissimi altri della cui esistenza siamo certi anche se non siamo mai riusciti a vederli, formano un immenso sistema, così grande che la luce (che in poco più di un secondo va dalla Terra alla Luna) impiega ben centomila anni per attraversarlo. Abbiamo esplorato i suoi limiti, al di là dei quali abbiamo intravisto il vuoto, l'abbiamo percorsa dall'alone al disco e abbiamo scoperto come si muovono le stelle in seno a essa. Eppure non sappiamo ancora quante sono le stelle che la compongono; ancora ignoriamo, come lo ignoravano gli astronomi dei secoli passati, quante stelle potremmo contare (se ne avessimo il tempo e i mezzi) da qui al punto in cui finiscono, cioè, come sappiamo ora, da qui ai confini della Galassia. Purtroppo l'ammontare esatto di questo valore non lo potremo determinare mai, non solo perché difficilmente potremo costruire strumenti che ci permettano di scorgere anche le stelle deboli più lontane, ma soprattutto perché una gran parte di esse ci viene nascosta dalle nuvole di polvere in cui siamo immersi. Nonostante ciò possiamo ugualmente valutare abbastanza bene il numero di stelle della Galassia con un metodo indiretto ma efficace: pesando tutto in blocco.

Il peso, o meglio, la massa della Galassia, non è difficile da ricavare ora che ne conosciamo il moto. Abbiamo visto che tutte le stelle abbastanza periferiche da poter ammettere che la maggior parte della massa galattica totale sia contenuta all'interno delle loro orbite, si muovono di moto kepleriano. Tra queste è anche il Sole. Applicando dunque la terza legge di Keplero (nella versione di Newton comprendente la massa) e trascurando la massa del Sole in confronto a quella della Galassia si avrà

$$M_{\text{Galassia}} = \frac{R^3}{P^2}$$

dove la distanza del Sole dal centro galattico $R = 2 \times 10^9$ u.a. e il periodo di rivoluzione del Sole $P = 2 \times 10^8$ anni. Si avrà allora

$$M_{\text{Galassia}} = \frac{(2 \times 10^9)^3}{(2 \times 10^8)^2} = \frac{8 \times 10^{27}}{4 \times 10^{16}} = 2 \times 10^{11} M_{\text{Sole}}$$

Ecco dunque il valore della massa totale della Galassia: 2×10^{11} masse solari, cioè 200 miliardi di volte la massa del Sole. Ammettendo che almeno la metà di questa massa sia dovuta a stelle normali, che l'altra metà appartenga alla polvere, al gas e ad altri eventuali corpi oscuri, come i pianeti o stelle deboli, di piccola massa, e che la massa media delle stelle sia uguale a quella del Sole, si trova che la Galassia è formata da almeno 100 miliardi di stelle¹.

Ora il quadro è completo e abbiamo finalmente un'idea chiara e quantitativa di quel mondo siderale che per secoli era stato creduto illimitato. Miliardi di stelle e una massa corrispondente dispersa in gas e polveri, costituenti un immenso disco e uno sparso alone. Il disco ruota intorno al suo centro, che rappresenta anche il fuoco delle orbite ellittiche percorse dalle stelle e dagli ammassi dell'alone, che si tuffano periodicamente nelle sue vicinanze. Questo punto non è dunque soltanto il centro geometrico di tutto il sistema ma anche l'unico punto fermo dell'intero mondo sidereo, quello intorno al quale si muove tutto ciò che abbiamo scoperto fino ad ora: stelle, ammassi e associazioni, gas e polveri, Terra, Sole, noi stessi. E la zona intorno a esso è anche l'unica parte della Galassia che ancora non abbiamo esplorato, nella quale l'eccezionalità della posizione ci dà buone ragioni di ritenere che vi sia qualcosa di diverso da quanto abbiamo visto finora.

Iniziamo dunque questo nuovo viaggio che ci porterà nel centro del vortice, dal quale dovremmo avere l'esaltante visione di tutte le stelle che si muovono intorno a noi, se qualcosa di straordinario e di più importante che troveremo sul posto non distoglierà il nostro sguardo e le nostre meditazioni verso nuovi e più profondi misteri.

IL CENTRO DELLA GALASSIA

Guardando dalla Terra in direzione del centro della Galassia, la prima cosa che colpisce è un'enorme nube di stelle che sembra staccarsi netta-

¹ In realtà questo calcolo vale solo in prima approssimazione poiché la Galassia non agisce, gravitazionalmente, come una massa puntiforme. La distribuzione della massa tra i vari corpi risulta dall'esame locale che, oltre a mostrare che per la metà circa appartiene alle stelle, rivela l'esistenza di una notevole massa occulta.

mente dal resto della Via Lattea che fa da sfondo (FIG. 94). L'effetto non è molto evidente alla latitudine dell'Italia, da dove la zona, anche nelle più favorevoli serate estive, appare sempre bassa sull'orizzonte, mentre si presenta in tutta la sua imponenza dall'emisfero australe. Questa nube di stelle, d'altra parte, non corrisponde esattamente al centro della Galassia che cade leggermente a destra, in una zona che appare meno ricca per la presenza di polvere. La nube di stelle e soprattutto quelle di polvere

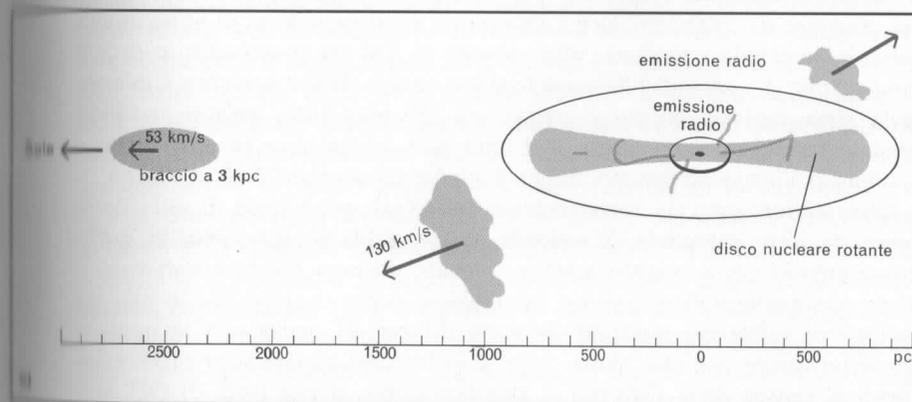
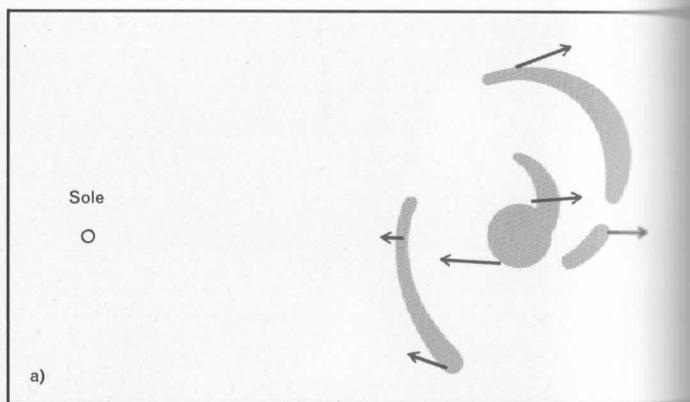


Fig.94 La Via Lattea nella zona del Sagittario in una fotografia a largo campo ottenuta con un obiettivo di 25 cm di lunghezza focale. Il cerchio indica il centro galattico.

impediscono di vedere molto in profondità, cosicché sia a occhio nudo sia attraverso le normali fotografie al telescopio, riusciamo ad avere una visione non del centro galattico ma piuttosto della barriera, più o meno opaca, che ce lo nasconde.

D'altronde questa barriera, di spessore variabile, è già relativamente vicina a esso e anzi ne costituisce, in un certo senso, le zone più esterne, che ci possono già dare importanti informazioni ma che ora, soprattutto, ci

Fig.95 In a), zona centrale della Galassia in cui i radioastronomi olandesi hanno scoperto due tronchi a spirale in espansione dal centro. In b), particolare ingrandito della zona centrale della Galassia secondo una sezione perpendicolare al piano galattico: sono visibili il braccio a 3 kpc dal centro e due nubi di idrogeno che si allontanano dal centro in direzioni opposte fuori dal piano equatoriale galattico. La piccola ellisse nera al centro è ricchissima di gas, polveri e stelle, ed emette radioonde, radiazioni infrarosse e raggi X.



proponiamo di attraversare per scoprire cosa ci nascondono nel loro interno.

A mano a mano che ci avviciniamo alle zone centrali della Galassia la visione si fa sempre più difficile e la pretesa di riuscire a distinguere direttamente la materia che le compone e i fenomeni che vi agiscono somiglia sempre di più a quella di capire la struttura di un vulcano entrando al suo interno. Anche se una simile escursione ci lasciasse incolumi, non ne trarremmo un grande vantaggio poiché, avvolti nel fumo e nei gas infuocati, non vedremmo più nulla e un impenetrabile velo ci toglierebbe la visione, pur essendovi tanto vicini, della causa prima di quegli imponenti fenomeni che vediamo invece tanto bene dall'esterno e da una certa distanza. Qui neppure la teoria può soccorrerci, come era avvenuto per l'interno del Sole, poiché le masse, le densità e le temperature che intervengono sono note molto male e ancor meno lo sono i moti che agitano i corpi che si trovano nelle regioni via via più vicine al centro.

Nonostante questo, si possono sempre usare sistemi diversi dall'occhio o dalla fotografia per raccogliere altri dati che poi, collegati e interpretati opportunamente, possono offrire ugualmente un panorama significativo. Quando si è dentro a un ciclone non si vede più nulla ma, misurando la

direzione e la velocità del vento, le precipitazioni, la temperatura, la pressione atmosferica e come variano queste grandezze al passare del tempo, con lo spostarsi del fenomeno, possiamo ricostruirne abbastanza bene una visione globale. Per le zone centrali della Galassia questi sistemi si sono sviluppati soprattutto negli ultimi anni e si chiamano radioastronomia e infrarosso. Con la prima possiamo studiare soprattutto la distribuzione e il comportamento dei gas (l'idrogeno, il radicale OH, ecc.), con il secondo

cogliere le zone sempre più vicine al nucleo, penetrando il più possibile nelle nubi di polvere che lo avvolgono. È un po' come se, entrando nel vulcano, potessimo disporre di un sistema per studiare i vapori e di un altro per penetrare fino al fuoco, riducendo così, pur senza riuscire a eliminarlo del tutto, il grande impedimento del fumo.

La prima sorpresa la troviamo a circa 12 000 anni luce dal centro. Qui i radiotelescopi hanno mostrato due bracci dell'idrogeno neutro (FIG. 95), uno tra il centro della Galassia e il Sole e un altro al di là del centro. Il primo, osservato per circa un quarto della circonferenza, si stima che abbia una massa totale venti milioni di volte quella del Sole. La loro presenza non sembrerebbe avere nulla di straordinario: abbiamo incontrato tanti bracci di idrogeno neutro in tutta la Galassia che la presenza di questi due tronconi in una zona più prossima al centro non altera la natura delle nostre conoscenze. Ma questi due bracci hanno mostrato una caratteristica tanto straordinaria quanto inattesa: sono in rapida espansione dal centro. Quello dalla parte del Sole si allontana alla velocità di 53 km/s, l'altro a 135 km/s. Osservazioni successive hanno mostrato che vi sono nubi e zone estese di idrogeno neutro in rapido allontanamento dal centro

galattico anche in direzioni oblique rispetto al piano equatoriale nel quale giacciono i due bracci osservati per primi. Sembra insomma che la maggior parte (forse il 70%) dell'idrogeno neutro entro questa zona di 12 000 anni luce di raggio, la cui massa totale è stimata uguale almeno a cinquanta milioni di masse solari, stia sfuggendo dalle regioni centrali della Galassia alla velocità di 53 km/s o addirittura a velocità maggiori. Questa espansione è molto misteriosa. Forse è l'effetto di un'esplosione verificatasi qualche milione di anni fa nel centro della Galassia, per ragioni ignote.

All'interno dei due bracci si trova un disco d'idrogeno neutro (FIG. 95 b) del diametro di 5000 anni luce e una massa quattro milioni di volte quella del Sole, in rapida rotazione: alla velocità di 230 km/s al bordo e di 200 km/s a una distanza di 1200 anni luce dal centro. Il suo spessore è minore nella zona centrale, in cui si aggira sui 230 anni luce, mentre andando verso il bordo aumenta fino a 800 anni luce, lo spessore entro il quale è contenuto l'idrogeno neutro lungo il piano equatoriale della Galassia.

Oltre all'idrogeno, la zona centrale della Galassia è ricca di nubi composte da altro materiale. L'ossidrile, come abbiamo già visto, vi è abbondantissimo e, a quanto sembra, le nubi da esso formate non coincidono con quelle d'idrogeno. Le osservazioni radio rivelano che le velocità con cui si muovono quest'ultime sono diverse da quelle con le quali si spostano quelle dell'OH. Anzi, mentre l'idrogeno appare solo ruotare intorno al centro della Galassia o allontanarsene, alcune nubi di OH mostrano addirittura di cadere verso il centro. Ricordiamo inoltre che la molecola dell'ossidrile non è l'unica presente in questa regione e che vi sono state trovate recentemente anche ammoniacca, vapore acqueo, formaldeide e molte altre molecole. Purtroppo strutture, posizioni e moti di queste nubi sono ancora poco conosciuti e, nell'approfondire la conoscenza del centro galattico, non le studieremo in particolare, pur non dimenticando che anch'esse contribuiscono a formare il quadro d'insieme.

Il disco d'idrogeno incontrato poco fa è già largamente contenuto entro il bulbo centrale della Galassia, che ha un diametro di 16 000 anni luce. Questo rigonfiamento è ricchissimo di stelle, tanto più numerose quanto più si procede verso il suo interno. Nella parte più interna, del diametro di 6500 anni luce, è contenuto un decimo della massa dell'intera Galassia. Le stelle sembrano essere essenzialmente di Popolazione II ma non pura, poiché vi sono state osservate anche molte supergiganti di tipo M. Vi sono ammassi globulari ma più piccoli e con le stelle più concentrate rispetto a quelli che avevamo incontrato nell'alone. Il numero delle stelle aumenta rapidamente verso il centro, ma purtroppo della loro presenza abbiamo prove sempre più indirette poiché l'osservazione viene sempre più ostacolata dalla polvere. A 330 anni luce dal centro le stelle sono già mille volte di più che nei dintorni del Sole, a 33 anni luce sono

sessantaseimila volte, e a 3 anni luce mezzo milione di volte più numerose. Le stelle nelle zone centrali della Galassia aumentano, dunque, ben più rapidamente che negli ammassi globulari e sono mille volte più addensate.

Mentre il numero delle stelle aumenta vertiginosamente, la densità dell'idrogeno non sembra variare di molto. Tuttavia, entro una zona di 330 anni luce di raggio, c'è ancora una massa di idrogeno neutro pari a un milione di volte quella del Sole.

Ma avvicinandoci al nucleo non ci aspettiamo di trovare soltanto stelle e nubi di gas, come nel resto della Galassia, anche se in proporzioni diverse. Già prima di conoscerlo ci sembrava che il nucleo dovesse essere diverso da tutto il resto, se non altro perché è l'unico punto che dovrebbe star fermo mentre tutto gli si muove intorno. E inoltre l'espulsione di gas che già abbiamo visto, la grande percentuale di massa concentrata nei suoi dintorni, la popolazione stellare, diversa da quella del disco e stranamente simile, invece, a quella dell'alone, ci danno la sensazione che in esso si trovi qualcosa d'insolito, forse la chiave del mistero della stessa esistenza della Galassia. La sua eccezionalità è stata confermata anche dalla scoperta di un'emissione di raggi X, abbastanza estesa anche se non molto intensa, compiuta nel 1971 attraverso il satellite artificiale Uhuru. L'origine di questa emissione è ancora misteriosa. Affrontiamo dunque l'esplorazione della ristrettissima zona più interna, in mezzo all'ultima sfera raggiunta, di questo nocciolo così importante, al centro di tutto.

Per prima cosa troveremo che il centro della Galassia è occupato da un'intensa radiosorgente. Fu scoperta nel 1951 e chiamata Sagittarius A. Nel 1955, però, F. Drake riuscì a risolverla in cinque diverse sorgenti e da allora viene indicata come Sagittarius A la più intensa di queste. L'emissione radio proviene da una zona del diametro di 30 anni luce ma la zona più intensa, Sagittarius A, è più piccola e include perfettamente il centro dinamico della Galassia.

Dal 1968 in poi il centro della Galassia viene sempre meglio studiato anche in radiazione infrarossa¹. In perfetta coincidenza con Sagittarius A,

¹ La radiazione infrarossa (cioè a lunghezze d'onda maggiori di quelle della luce rossa) fu scoperta da W. Herschel all'inizio del secolo scorso e, da allora, diversi corpi celesti sono stati osservati ripetutamente in questa zona dello spettro. Tuttavia lo sviluppo notevole delle ricerche e delle scoperte nell'infrarosso si sono avuti solo nell'ultima decina di anni. Attualmente si intende come infrarossa la radiazione di lunghezza d'onda compresa tra 0,75 e 3000 μm (micrometri). Al di sotto si ha la radiazione visibile (luce), al di sopra le radioonde. Non tutto questo intervallo si può esplorare dal suolo. Per esempio la radiazione proveniente dai corpi celesti tra 25 e 1000 μm è preclusa dall'atmosfera terrestre che l'intercetta o la nasconde con una sua emissione propria. Da 0,75 a 1,2 μm si può osservare attraverso la fotografia. Tra 1,2 e 25 μm c'è già l'assorbimento atmosferico ma con alcune eccezioni in zone particolari chiamate 'finestre'. Le principali sono intorno a 1,6; 2,2; 3,4; 5,0; 10 e 22 μm . Le osservazioni nell'infrarosso al di là di 1,2 μm vengono compiute applicando ai telescopi opportuni rivelatori. Se poi si vuole osservare in zone al di fuori delle 'finestre', tutta la strumentazione deve essere portata a grande altezza mediante mezzi aerei (aeroplani, palloni) o, se è necessario uscire dall'atmosfera, montandola su razzi o su satelliti artificiali.

cioè col nucleo, le osservazioni eseguite nell'intervallo tra 1,5 e 4 μm hanno mostrato un'intensa sorgente infrarossa di diametro inferiore a 15 anni luce. Gran parte di questa radiazione viene emessa, quasi certamente, da stelle rosse o fortemente arrossate da un'enorme quantità di polvere presente nei dintorni. Se questo è vero, nella parte più centrale di questa zona, del diametro di appena 3,3 anni luce (poco meno della distanza che separa il Sole dalla stella più vicina), vi sarebbero dieci milioni di volte più stelle di quante ve ne sono nei dintorni del Sole. All'interno di questa regione, nel 1969, è stata scoperta una sorgente infrarossa, intensissima alle lunghezze d'onda tra 5 e 25 μm , del diametro di appena 2,5 anni luce. La sua luminosità è pari a un milione di volte quella del Sole e ancora non si sa a cosa sia dovuta. Può darsi che si tratti di una densissima nube di polvere, contenente nel suo centro un'intensissima sorgente ultravioletta; in tal caso la polvere assorbirebbe la radiazione ultravioletta e luminosa proveniente dall'interno e la riemetterebbe a lunghezze d'onda maggiori, cioè nell'infrarosso. La sorgente ultravioletta potrebbe essere dovuta a stelle dei primissimi tipi spettrali o a radiazione non termica prodotta da fenomeni sconosciuti.

Questo non è ancora il nucleo della Galassia. Le osservazioni infrarosse a 1,5-4 μm ci hanno mostrato un'emissione proveniente da uno spazio ancora più ristretto. Al centro della zona di 15 anni luce di diametro vi è un'intensa sorgente 100 000 volte più luminosa del Sole. Sembra che questa abbia un diametro non superiore a 170 volte quello del nostro sistema solare e una temperatura di circa 2000 K. Non è una gran cosa, su scala galattica, anzi in questo senso sembrerebbe un punto dall'apparenza insignificante per le dimensioni e per la temperatura, corrispondente appena a quella superficiale delle stelle meno calde. Ma in realtà è un corpo eccezionalissimo, unico in tutta la Galassia, poiché nessuna stella possiede le sue caratteristiche. E per quanto bassa sia la sua temperatura come stella, essa è pur sempre quella di un forno infuocato, ma un forno grande non quanto la Terra, né quanto il Sole, né quanto il sistema solare ma come una sfera immensa, con un diametro 170 volte quello del sistema solare.

Ecco cosa c'è al centro della Galassia: un forno enorme, un immenso crogiuolo. Penetrando nel suo interno non vediamo più nulla poiché la polvere ci impedisce di scorgere anche le stelle più interne della Galassia che si estende, immensa, appena al di fuori di esso; nulla tranne forse qualche rossa stella nel nucleo stesso, abbastanza intensa e abbastanza vicina da non essere completamente oscurata. Ci fermiamo in questo buio infuocato e, mentre restiamo incerti se è proprio tutto qui ciò che è presente nel nucleo della Galassia o se c'è qualcosa d'altro che le osservazioni non ci hanno ancora rivelato e qualcosa che a noi sfugge, ci torna in mente un'esperienza fatta da bambini. Dopo aver mangiato una pesca

avevamo trovato il nocciolo, come sempre, ma quella volta non l'avevamo gettato via. L'avevamo rotto per scoprire come mai, messo sotto terra, riusciva a trasformarsi in una nuova pianta di pesche. Però non vi avevamo trovato niente di speciale: solo una specie di mandorla, buona da mangiare (solo più tardi ci avrebbero detto che può contenere un veleno molto pericoloso). Eppure proprio in quel seme che non mostrava niente di speciale doveva essere racchiuso il mistero della vita.

Ora, al centro della Galassia, dopo aver avuto la stessa disillusione, proviamo la stessa sensazione. Abbiamo trovato un'immensa fornace ma anche un nuovo mistero perché non sappiamo come mai quel forno ci sia, né cosa e come vi stia bruciando. Se potessimo saperlo forse non avremmo risolto soltanto il mistero della struttura della Galassia ma anche quello della sua origine e della sua evoluzione o addirittura dell'origine e dell'evoluzione dell'universo.