

più quello delle sorgenti quasi stellari. Dai conteggi delle radiosorgenti veniamo a scoprire che anche queste, a distanze ancor più remote, diminuiscono. Queste variazioni di numero non avvengono nello spazio ma nel tempo. Allontanandoci sempre di più dalla nostra Galassia giungiamo a vedere com'era l'universo un miliardo, cinque miliardi, dieci miliardi di anni fa, e in questo viaggio nel tempo risaliamo prima all'epoca delle galassie, poi a quella, anteriore, dei quasar, continuando ad avvicinarci sempre di più a quel remoto istante iniziale in cui non esistevano neppure i quasar, neppure la miscela d'idrogeno ed elio: sempre più vicini alla sfera di fuoco, al caos primordiale, all'origine di tutto.

Siamo già giunti, forse, al limite dell'epoca in cui si formarono i quasar, ma non dimentichiamo che in quelle anteriori l'evoluzione è stata molto più rapida e che l'universo è stato notevolmente diverso da quello attuale soprattutto nei primi milioni di anni di vita.

Già i moderni strumenti ci hanno portati vicinissimi al momento dell'origine, a un tempo cosmico dell'ordine di quattrocento milioni di anni. I radiotelescopi della futura generazione, più potenti, ci faranno giungere, forse, a soli dieci milioni di anni dall'istante iniziale. Ancora un passo e osserveremo solo la sfera di fuoco, quella sfera che già abbiamo raggiunto e osservato raccogliendo la radiazione di tre gradi.

E a questo punto possiamo dire veramente di essere arrivati ai confini del tempo e dello spazio. Non potremo più domandarci cosa c'era prima e più in là perché non c'è più un prima e non esiste un oltre.

## *Conclusione*

Il nostro grande viaggio è giunto al termine. Rapidamente, come quando ci si sveglia da un sogno, torniamo a posarci sul corpo dal quale siamo partiti: sulla Luna o, meglio ancora, sulla Terra, che per noi è molto più comoda. E ora, sotto l'impressione di una visione sia pure sommaria e parziale della realtà extraterrestre, domandiamoci: che cosa rappresentano per l'uomo la conquista della Luna o di un pianeta del sistema solare nell'ambito della scalata all'universo? Nulla. Appena, la conquista di un altro granello di polvere a una distanza corrispondente a un secondo o a pochi secondi, di fronte a miliardi e miliardi di altri granelli sparsi da tutte le parti, entro voragini profonde milioni, miliardi di anni luce. È chiaro che rispetto agli abissi colmi di miriadi di mondi che abbiamo, più che visto, intuito attraverso squarci significativi, anche il raggiungimento delle stelle più vicine e l'esplorazione dei loro pianeti non sarà nulla.

Si potrebbe sperare, naturalmente, che le stelle più vicine siano solo una tappa intermedia e che poi, da un sistema planetario all'altro, o addirittura attraverso lunghissimi balzi senza scalo nello spazio, l'uomo possa giungere a distanze tanto grandi dalla Terra da non essere più insignificanti neanche sul piano cosmico.

È un'illusione. La fisica moderna afferma che nessun corpo, nessuna astronave, può superare la velocità della luce. Quindi, per raggiungere corpi celesti distanti decine o centinaia di anni luce, ammesso di aver costruito il mezzo per una tale impresa, si dovrebbero compiere viaggi lunghissimi e ricorrere a un equipaggio che si rinnoverebbe per diverse generazioni, che molto difficilmente riuscirebbe a mantenere o a riallacciare un legame con gli uomini rimasti sulla Terra. Bisogna pensare che gli uomini e le donne delle generazioni successive alla prima, nati e vissuti sull'astronave, considererebbero quella e quella soltanto il loro mondo. Avrebbero la

cultura terrestre di quando parti l'astronave e un bagaglio di conoscenza, di costumi, di sensazioni, accumulati nello spazio fin dalla nascita o tramandate dai loro antenati, completamente nuove, inconcepibili per un terrestre. E anche la cultura terrestre, stivata nella loro astronave sotto forma di film e di registrazioni su nastri magnetici, che significato potrebbe avere per chi non ha mai vissuto sulla Terra? Che senso avrebbe una veduta del Cervino o di un fiordo per chi non li ha mai visti se non come immagini alte un paio di metri? Quale poesia potrebbero trovare nel finale del primo atto di *Giulietta e Romeo* di Shakespeare gli abitanti dell'astronave che non hanno mai visto un'alba e per i quali l'allodola è un animale insignificante che conoscono appena dai microfilm di zoologia terrestre? Invece, contro i ricordi sempre più sbiaditi del mondo d'origine, si sovrapporrebbero esperienze e tradizioni nuove, attinte dagli spazi percorsi, dai nuovi mondi conosciuti, conseguenze di tragedie e di vittorie sofferte o conquistate da quella nuova umanità in miniatura.

Anche i terrestri nel frattempo progredirebbero notevolmente ma, data l'enorme diversità dell'ambiente, in modo completamente diverso.

Supponiamo tuttavia che un tale viaggio sia possibile e che si riescano a superare distanze enormi, per esempio fino a giungere su un pianeta nella Nube di Magellano Minore. Viaggiando a una velocità prossima a quella della luce, occorrerebbero, fra andata e ritorno, quattrocentomila anni. Ammesso di superare tutte le difficoltà tecniche per il viaggio del veicolo e la sopravvivenza dell'equipaggio (o meglio della sua cinquemillesima generazione o giù di lì) sarebbe possibile, tornando indietro, ritrovare il sistema solare e la Terra? Ammesso questo, che senso avrebbe, dato che, dopo quasi un milione di anni, gli abitanti dell'astronave troverebbero un mondo ben diverso da quello che hanno lasciato, cioè praticamente un altro mondo? E, in fondo, chi attenderebbe ancora sulla Terra i discendenti di progenitori terrestri comuni, che sarebbero ormai lontani da entrambi quanto sono gli australopithecini tardi da noi e che, a loro volta, sarebbero certamente tanto mutati da essere divenuti, giustamente, degli extraterrestri qualsiasi?

E solo questo sarebbe finalmente un passo nel cosmo, piccolissimo e in una sola direzione, poiché, al di là delle Nubi di Magellano, al di fuori della Galassia, a distanze enormemente maggiori, questa inconcepibile avventura si potrebbe ripetere moltiplicata per migliaia o milioni di volte.

È dunque del tutto puerile vedere il raggiungimento della Luna come il primo passo della conquista del cosmo. No: La scalata al dominio dell'universo non ha senso e la Luna non può essere considerata il primo gradino di una scala se questa svanisce dopo pochi passi. La Luna, per l'umanità, fa parte di un sogno meno utopistico e molto più importante. L'arrivo dell'uomo sulla Luna può segnare una nuova era nella storia dell'u-

manità in due sensi diversi ma conseguenti l'uno all'altro: ci rende cittadini dello spazio e ci apre le porte per una nuova conoscenza del mondo.

Già con queste prime imprese spaziali l'uomo non appartiene più alla Terra ma si sta espandendo e vivendo quasi in una nuova dimensione. Fino al Rinascimento, a parte poche divinazioni isolate, l'uomo era vissuto su un mondo piatto. Galileo, Newton, Herschel, ne fecero l'osservatore di un universo dalle profondità vertiginose e fino ad allora insospettate. Ora egli ha già cominciato a spostare l'angolo sotto il quale guarda quello stesso universo. È uno spostamento piccolo: dalla Luna il cielo stellato appare sempre lo stesso ma già le eclissi sono diverse, l'alto e il basso sono entrati a far parte di un concetto superato e la Terra non è più il centro delle osservazioni ma un oggetto da osservare. In questa nuova dimensione non solo stiamo vedendo ma ci stiamo spostando. I primi astronauti hanno raggiunto la Luna, i prossimi approderanno su altri pianeti o satelliti del sistema solare e quelli di un futuro più lontano, forse, su qualche pianeta di una delle stelle più vicine. Stabiliranno basi nello spazio, forse fonderanno colonie e nessuno penserà che essi siano 'lassù' ma semplicemente 'più in là'.

La conquista di questa nuova dimensione non avverrà, non avviene, solo attraverso l'espansione materiale nello spazio ma anche attraverso la coscienza di esserci, perché tutti, anche coloro che restano sulla Terra, dal momento che ne prendono conoscenza cessano di essere gli abitanti del vecchio mondo piatto e divengono navigatori dello spazio. Si sentono gli abitanti della prima base, la più grande, che però, come tutte le altre, è sospesa nel vuoto e vi si muove a gran velocità; la base da cui tutto dipende, della quale sono non solo abitanti ma anche custodi e responsabili.

Tale consapevolezza da parte di tutta l'umanità, che la sola impresa di Apollo 11 diede quasi di colpo a tutti coloro che partecipano attivamente alla vita di questo mondo, è il punto fondamentale per permettere all'uomo di iniziare la sua vera, cosciente espansione nello spazio. Un'espansione colma di conseguenze per ora imprevedibili, provocata e mossa da due grandi passioni che agitano l'uomo da quando è apparso sulla Terra: lo spirito di avventura e la sete di conoscenza.

È questa una sete terribile, che lo tortura sempre, ma che viene anche continuamente soddisfatta. Non dimentichiamo che quell'universo che ci ha ora schiacciati con la sua immensità e con l'imponenza dei suoi fenomeni, l'uomo lo ha lentamente scoperto, misurato, analizzato e solo poco fa la nostra fantasia l'ha abbracciato con uno sforzo sovrumano ma possibile.

D'altra parte quasi tutto ciò che abbiamo visto è stato scoperto dalla Terra. Ora già cominciamo a studiare geologicamente il nostro satellite e i pianeti più vicini, soprattutto Marte. Tra non molto riusciremo a

installare osservatori astronomici sulla Luna dove, in virtù dell'assenza di atmosfera, i corpi celesti potranno essere studiati come mai sarebbe stato possibile dalla superficie terrestre. La mancanza di scintillazione, la maggior durata delle osservazioni mai interrotte da nubi, la possibilità di raccogliere le radiazioni per tutto lo spettro, faranno sì che il progresso della nostra conoscenza dell'universo sia della stessa portata di quello, provocato tre secoli orsono, dall'introduzione del telescopio. L'esplorazione sempre più profonda del cosmo ci rivelerà fatti e fenomeni fisici sorprendenti. Inoltre, raggiungendo direttamente anche soltanto i corpi celesti più vicini, come Marte e Venere, potremo constatare se vi sono o no esseri viventi di qualsiasi tipo ma che, come quelli che popolano la Terra, abbiano le caratteristiche fondamentali di accrescersi, riprodursi, sentire e, forse, pensare. Che portata avrebbe una simile scoperta! Trovare una prima prova che tutto ciò che abbiamo visto non è solo materia inerte, priva di autocoscienza, ma l'ambiente indispensabile in cui si sviluppa una vita cosmica!

Ora possiamo dunque valutare meglio dove ci condusse quel primo passo sulla Luna, al quale gran parte del mondo assistette in quella memorabile notte del luglio 1969, senza ancora rendersi ben conto di cosa rappresentasse. Ci condusse soprattutto avanti a una nuova porta, che lentamente abbiamo già cominciato ad aprire, sapendo che al di là ci attende il premio più ambito: la conoscenza. La forma più nobile di conquista, quella che non ha bisogno di un tallone che preme ma di uno sguardo che veda, comprenda e ami.

## APPENDICI

## I

### *La determinazione delle distanze delle stelle*

La principale obiezione che i tolemaici facevano al sistema copernicano era che, se la Terra si fosse realmente mossa intorno al Sole, il suo moto doveva apparire riflesso in un moto simile delle stelle fisse.

L'obiezione era giusta, ma giusta, per quanto non creduta, era anche la risposta di Copernico e Galileo: che lo spostamento delle stelle esisteva realmente ma era inapprezzabile agli strumenti allora in uso, data la sua estrema piccolezza. Con l'affermarsi del sistema copernicano, questa spiegazione venne accettata e, dall'impossibilità di misurare gli spostamenti delle stelle, si dedusse che le loro distanze dalla Terra dovevano essere enormi.

Finalmente, nel 1838, Bessel riuscì a misurare, per la prima volta, il minuscolo spostamento della stella 61 Cygni, dal quale ne dedusse la distanza, iniziando una nuova era nella storia dell'astronomia.

Il procedimento, detto metodo trigonometrico, è il seguente. Supponiamo (FIG. 125) di guardare una stella in una data epoca, per esempio in gennaio, quando la Terra è in  $A$ ; sarà proiettata, dal nostro sguardo, in un punto  $A'$  della volta celeste. Torniamo poi a osservare la stessa stella dopo sei mesi; dato che la Terra si sarà spostata in  $B$ , la stella dovrà apparire proiettata nel punto  $B'$ , essendo mutata la posizione dalla quale viene osservata. Si cerca allora di determinare l'angolo  $ASB$  formato dalle congiungenti Terra-stella o meglio l'angolo  $\pi$  sotto il quale è visto dalla stella il semiasse maggiore dell'orbita terrestre. Questo angolo è detto *parallasse annua* e da esso, con un semplicissimo teorema di trigonometria piana, si ricava la distanza cercata.

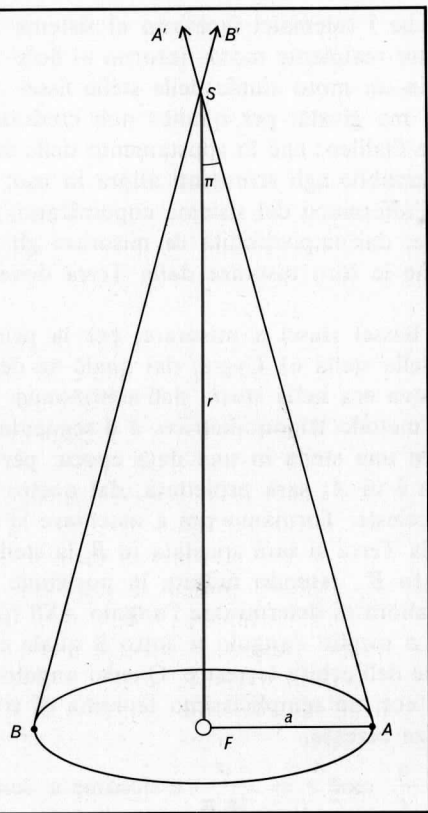
Si avrà infatti  $\operatorname{tg} \pi = \frac{a}{r}$  cioè  $r = \frac{a}{\operatorname{tg} \pi}$  e siccome  $a$ , semiasse mag-

giore dell'orbita terrestre chiamato 'unità astronomica', è noto, si ha immediatamente la distanza  $r$  della stella.

Il metodo è dunque concettualmente semplice. La principale difficoltà consiste nel determinare praticamente l'angolo  $\pi$ . Per dare un'idea di quanto ciò sia difficile, precisiamo subito che nessuna stella è tanto vicina da avere una parallasse di  $1''$ , e che, d'altra parte, l'angolo di  $1''$  è quello sotto il quale si vede un metro osservato a 206 km di distanza.

Data l'enormità delle distanze stellari, si rese necessaria l'introduzione di una nuova unità di misura: l'anno luce. Esso corrisponde allo spazio che la luce percorre in un anno ed è dato, in chilometri, dal numero dei secondi contenuti in un anno moltiplicato per 300 000 (numero di chilometri che la luce percorre in un secondo). Si ha cioè 1 anno luce = 9 460 500 000 000 chilometri. Nessuna stella si trova soltanto a un anno luce dalla Terra. La più vicina è Alfa Centauri, distante 4,3 anni luce.

**Fig.125** Determinazione geometrica della distanza di una stella  $S$  dalla Terra col metodo della parallasse.



Per ragioni pratiche gli astronomi usano oggi come unità di misura prevalentemente la distanza dalla quale il semiasse maggiore dell'orbita terrestre si vedrebbe sotto l'angolo di  $1''$ . Questa distanza viene chiamata *parsec*, abbreviazione di *parallasse* e *secondo* e corrisponde a 3,26 anni luce. Per le grandi distanze vengono usati il kiloparsec = 1000 parsec e il Megaparsec = 1 milione di parsec. In queste pagine abbiamo usato sempre l'anno luce, per la maggiore immediatezza con cui rende l'idea della distanza e per il fatto che contribuisce a offrire una visione temporale delle conseguenze del viaggio nello spazio.

Purtroppo il metodo trigonometrico, così rigoroso e preciso, è praticamente inutilizzabile, data l'estrema piccolezza dell'angolo da misurare, per stelle distanti più di 300 anni luce. Precisiamo meglio la difficoltà. Tornando alla FIG. 125, vediamo che per ottenere  $\pi$  si deve misurare l'angolo  $ASB$  o anche gli angoli  $FAS$  e  $FBS$  dai quali  $\pi$  si ottiene immediatamente, dovendo aversi per la somma dei tre angoli,  $180^\circ$ . Essendo  $\pi$  piccolissimo ( $< 1''$ ) i due angoli  $FAS$  e  $FBS$  sono quasi di  $90^\circ$ , cioè le rette  $AS$  e  $BS$  sono quasi parallele.

Gli astronomi riescono a misurare angoli così piccoli fino a distanze cento volte maggiori di un parsec. Oltre questo limite non possono più individuare, a causa degli errori strumentali, il punto in cui s'incontrano le due rette che appaiono ormai parallele.

Si deve allora ricorrere ad altri metodi. Tra quelli geometrici vanno ricordati quello delle parallasse secolari, basato sullo spostamento dell'intero sistema solare nello spazio, quello delle parallasse di gruppo, applicabile agli ammassi, e delle parallasse dinamiche, applicabile alle stelle doppie. A parte questi, tutti gli altri si basano sulla determinazione delle magnitudini assolute.

Si è visto che la magnitudine assoluta di una stella (esprimente direttamente il suo splendore intrinseco) è la magnitudine apparente che la stella avrebbe se fosse posta alla distanza di 32,6 anni luce, cioè esattamente a 10 parsec. Precisiamo ora che la magnitudine apparente, quella assoluta e la distanza sono legate dalla relazione:

$$M = m + 5 - 5 \log r \quad (\text{se } r \text{ è la distanza in parsec})$$

oppure

$$M = m + 5 + 5 \log \pi \quad (\text{se } \pi \text{ è la parallasse annua in secondi}).$$

Mediante una di queste formule si può dunque ricavare la distanza di una stella se si conosce la sua magnitudine assoluta. Il procedimento avviene allora il seguente. Supponiamo di poter ricavare col metodo trigonometrico, le distanze di tutte le stelle di un certo tipo spettrale (per esempio G non giganti, come è il Sole) vicine a noi. Da una delle due formule scritte sopra ricaveremo immediatamente le magnitudini assolute, che ri-

sulteranno pressoché uguali. Possiamo attribuire la media di questi valori a tutte le stelle G non giganti, che potremo riconoscere come tali dallo spettro. Si ottengono allora immediatamente le distanze, conoscendo soltanto, oltre allo spettro, la loro magnitudine apparente.

In modo analogo si possono ricavare le magnitudini assolute delle stelle degli altri tipi spettrali. Basta dunque poter risalire dallo spettro di una stella alla sua magnitudine assoluta per ottenere la parallasse in secondi o la distanza in parsec. Questo metodo (detto delle parallassi spettroscopiche) si applica a tutte le stelle normali, purché appaiano abbastanza brillanti da poterne ottenere lo spettro.

Lo splendore intrinseco di una stella, cioè la sua magnitudine assoluta, può essere ricavato anche con altri metodi, sempre però partendo dal confronto con stelle per le quali le distanze sono state ricavate con i metodi geometrici, che devono servire per la calibrazione.

Naturalmente maggiore è la distanza e minore la precisione con cui possiamo misurarla, ma ciò che conta è l'errore percentuale. Non ci sembra che sia molto grave fornire la distanza tra Roma e Milano con un errore di 5 km. Ebbene l'errore che commettiamo nel valutare le distanze delle stelle con questi metodi generalmente non è maggiore.

Possiamo dunque percorrere con fiducia i nostri itinerari tra le stelle. Più difficile si fa il problema quando vogliamo misurare le massime distanze accessibili nell'universo. Ed è appunto alla sua soluzione che dedicano attualmente tante energie alcuni dei migliori astronomi moderni, e tanto tempo i più grandi telescopi del mondo.

## II

### *Scoperta, nomenclatura e distribuzione delle stelle variabili*

Come si è visto, a eccezione delle novae, la prima stella variabile fu scoperta dal pastore protestante David Fabricius nel 1596 e fu considerata una cosa tanto eccezionale da meritare il titolo di Mira (meravigliosa). Solo settant'anni dopo, Gemignano Montanari, a Bologna, scoprì la seconda variabile, Algol e dopo un altro secolo, nel 1784, Goodricke scoprì la variabilità di  $\beta$  Lyrae e  $\delta$  Cephei. Da allora il numero di queste strane stelle cominciò ad aumentare più rapidamente, e già nel 1786 E. Piggott ne pubblicava un primo elenco di dodici. Nonostante ciò il progresso era ancora molto lento, tanto che il catalogo di Argelander comparso nel 1844, dopo oltre mezzo secolo, ne conteneva solo altre sei. Ma già dodici anni dopo, il catalogo di Pogson ne conteneva cinquantatré, mentre quello di Pickering, comparso nel 1903, cioè all'inizio del corrente secolo, ne riportava settecentouno. Dopo una dozzina di anni il numero delle variabili era più che raddoppiato, pur escludendo quelle che avevano cominciato a essere scoperte negli ammassi globulari e nelle Nubi di Magellano, in numero di oltre cinquecento.

Questo notevole incremento fu causato dal nuovo metodo adottato nella loro ricerca. Fin verso la fine del secolo scorso la caccia alle stelle variabili era stata praticata visualmente, confrontando pazientemente vari campi celesti, a occhio nudo o al telescopio, con le rispettive carte. Il confronto avveniva stella per stella e si spingeva al massimo fino alla magnitudine 9, quella delle stelle più deboli contenute nell'atlante BD. Alla fine dell'800 si cominciò a usare la fotografia, che permette confronti più approfonditi e obiettivi. Con questo sistema lo stato di una certa zona del cielo in varie epoche viene registrato su lastre fotografiche che permettono di raggiungere stelle ben più deboli di quelle indicate dalle carte. Il confronto

di coppie di lastre, poi, è più comodo, semplice e sicuro di quello effettuato in cielo attraverso la carta, potendo essere attuato in studio, tra due documenti ugualmente attendibili (la carta invece potrebbe contenere un errore e l'occhio potrebbe commettere una svista) e ripetuto in qualunque momento. La ricerca, inoltre, è molto più rapida, poiché il confronto non è più individuale tra stella e stella ma globale tra le due lastre. Per realizzarlo vi sono diversi metodi ma i più usati sono soltanto due: quello del 'blink' e quello detto della 'positiva-negativa'.

In entrambi i casi si parte da una coppia di lastre ottenute in epoche diverse ma nelle stesse condizioni, cioè: stesso strumento, uguale tipo di lastra, posa, sviluppo, condizioni del cielo, ecc. È evidente che tutte le stelle che non hanno variato appaiono su entrambe le lastre come punti più o meno scuri ed estesi, di dimensioni e annerimenti uguali, mentre l'immagine di una che ha variato di splendore viene registrata su una lastra con un punto ben marcato e sull'altra con uno più debole. Per trovare questo punto tra le miriadi di altri simili, si può procedere in due modi. Uno consiste nel ricavare la diapositiva a contatto di una delle due lastre e nel sovrapporla poi all'altra lastra. In tal modo ogni punto nero della seconda lastra ricoprirà esattamente il corrispondente punto bianco della diapositiva della prima lastra, in modo da risultare un fondo grigio pressoché uniforme. Esplorando attentamente questa combinazione, con una lente o con un microscopio a basso ingrandimento, si vedrà staccarsi dal fondo il punto corrispondente alla stella che ha variato, che sarà bianco se la variabile è più intensa sulla diapositiva, nero se lo è sulla negativa.

Il confronto tra due coppie di lastre può avvenire anche mediante uno strumento, chiamato blink-microscopio o, più brevemente, blink. In esso, attraverso un opportuno sistema di prismi, vengono portate all'occhio le immagini delle due lastre che, mediante un settore rotante capace di intercettare alternativamente la prima o la seconda, vengono osservate separatamente e successivamente. Se si fa in modo che le immagini delle due lastre coincidano perfettamente, alternandone rapidamente la visione, l'occhio non percepirà nessuna differenza poiché le stelle su entrambe le lastre sono uguali. Se però su una delle due una stella è più intensa delle altre perché è variata, salterà subito all'occhio mostrando continuamente piccoli guizzi.

In entrambi i casi l'occhio non confronta più, dunque, stella per stella, ma scorre su tutto il campo finché la variabile non lo colpisce mettendosi spontaneamente in evidenza.

Con questo nuovo ed efficacissimo metodo era ovvio che il numero delle variabili scoperte aumentasse rapidamente. Infatti il primo *Catalogo generale delle stelle variabili* pubblicato a Mosca da B. V. Kukarkin e P. P. Parenago nel 1948, giungeva a contenerne 10 862. L'aumento è divenuto

sempre più rapido; la terza edizione del Catalogo, pubblicata in tre volumi, tra il 1969 e il 1971, conteneva ben 20 300 variabili e i tre volumi di aggiornamento, pubblicati dopo, hanno portato il numero delle variabili accettate fino al 1975 a 25 842. Si prevede che, se la scoperta continuerà con questo ritmo, alla fine del secolo le variabili note e catalogate ammontano addirittura a 200 000 (FIG. 126). È una prospettiva che preoccupa

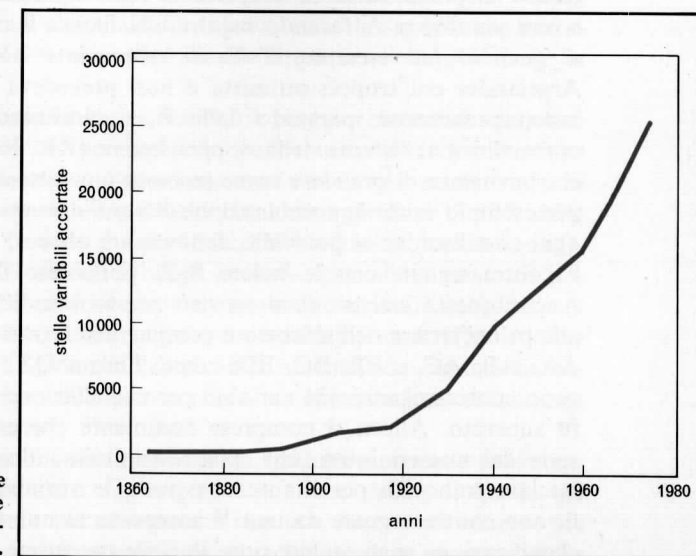


Fig. 126 Grafico illustrante l'aumento del numero delle stelle variabili osservate in oltre un secolo (dal 1860 a oggi).

non poco i compilatori del catalogo che, pur essendo saliti da due a nove, riusciranno sempre più difficilmente a includervi tempestivamente le nuove variabili e soprattutto ad aggiornare i dati relativi a quelle già note, che continuano a essere oggetto di ricerche da parte di centinaia di astronomi di tutto il mondo.

Come si è accennato, queste variabili sono tutte galattiche. Altre, però, sono state scoperte negli ammassi globulari ed elencate in pubblicazioni isolate o in appositi cataloghi. L'ultimo di questi, pubblicato nel 1955 da H. Sawyer ne conteneva 1421. Centinaia ne sono state trovate anche in altre galassie, attraverso ricerche preliminari o parziali, mentre ricerche sistematiche compiute sulle Nubi di Magellano hanno condotto a scoprirne complessivamente quasi 4000.

Considerando dunque tutte le variabili note, anche al di fuori della Galassia, e se si tiene presente che esiste anche un catalogo di 'sospette varia-

bili' che ne contiene anche oltre 10 000, molte delle quali attendono solo di essere meglio studiate per essere incluse in quello delle definitive, è facile concludere che il numero totale delle variabili finora note deve salire a oltre 40 000, quasi venti volte di più di tutte le stelle che scorge in cielo l'occhio in una limpida notte.

Si è già visto che ogni variabile ha un nome, o meglio una sigla. Il sistema fu introdotto nel secolo scorso da Argelander, che chiamò con la lettera R la prima variabile scoperta in ogni costellazione, con S la seconda e così via fino a Z, facendo seguire alla lettera il nome della costellazione al genitivo (ad esempio, T Tauri, abbreviato normalmente in T Tau). Argelander era troppo ottimista e non prevedeva che le lettere dell'alfabeto, specialmente partendo dalla R, si sarebbero presto esaurite. Si ricorse allora al sistema della doppia lettera (RR, RS, RT, ...SS, ST, SU,... ecc.) evitando di prendere come seconda una lettera già presa come prima; per esempio esiste la combinazione RS ma non quella SR. In tal modo in ogni costellazione si potevano denominare altre 45 variabili che, unite alle 9 contrassegnate con le lettere R-Z, portavano il totale possibile a 54. Anche questa estensione si mostrò presto insufficiente. Si ricorse quindi alle prime lettere dell'alfabeto e comparvero le variabili contrassegnate da: AA, AB, AC, ...BB, BC, BD, ...ecc. Fino a QX, QY, QZ. Così si potevano contrassegnare 334 variabili per costellazione ma anche questo limite fu superato. Allora si comprese finalmente che era meglio ricorrere alla serie dei numeri interi, che, essendo infinita, dava maggiori speranze di lasciare tranquilli per il futuro, e tutte le variabili, a partire dalla 335ª, furono contrassegnate da una V anteposta al numero d'ordine. Da questa classificazione sono escluse tutte le stelle che prima di essere scoperte come variabili avevano già ricevuto una denominazione, (come  $\beta$  Persei,  $\alpha$  Herculis, ecc.), generalmente, ma non sempre, attraverso le lettere greche assegnate da Bayer all'inizio del XVII secolo.

Naturalmente non per tutte le costellazioni c'è bisogno dell'estensione. Ve ne sono alcune, come il Bulino o il Leone Minore, rispettivamente con 9 e con 16 variabili, per le quali sono ancora sufficienti la nomenclatura di Argelander o la sua prima estensione. Molte altre, però, sono ben più affollate. La costellazione che contiene il maggior numero di variabili è il Sagittario con 3891, seguita da Ofiuco (2057), il Cigno (1502) e l'Aquila (1312). Ciò è abbastanza naturale poiché corrispondono a zone ricchissime di stelle, essendo attraversate dalla Via Lattea.

Esaminando il *Catalogo generale delle stelle variabili*, si possono scoprire molte altre cose interessanti. Per esempio che le variabili ben visibili a occhio nudo, essendo al massimo più brillanti di 3<sup>m</sup>, sono 24; tuttavia 16 di queste variano con un'ampiezza talmente piccola ( $\leq 0^m,2$ ) da essere inapprezzabile all'occhio. Delle otto restanti le meglio osservabili sono

Mira e Algol, che furono infatti le prime due stelle a essere scoperte.

Il Catalogo generale e i suoi supplementi elencano pure stelle eccezionali, come 256 stelle senza nome, tramandate dalle antiche cronache tra il 2296 a. C. e il XVII secolo d. C., presumibilmente novae o supernovae, per molte delle quali si hanno scarsissime informazioni o dubbi sulla loro stessa esistenza. Vi sono anche oggetti variabili di aspetto stellare ma che sicuramente non sono stelle, come 127 quasar variabili otticamente e 55 tra galassie peculiari e nuclei di galassie. Infine, benché normalmente si occupi solo di stelle appartenenti alla Galassia, elenca tutte le supernovae extragalattiche, in numero di 491, a partire da una apparsa presumibilmente in M 31 nel 1664.

A parte queste informazioni e curiosità, il maggior interesse statistico del catalogo è costituito da uno sguardo panoramico alla distribuzione delle variabili nelle varie classi. Scopriamo così che la più numerosa è di gran lunga quella delle variabili pulsanti che ammontano a 17 376, delle quali 5169 sono a lungo periodo di tipo Mira, 5894 cefeidi di popolazione II, del tipo RR Lyrae e 769 cefeidi a lungo periodo, prevalentemente di popolazione I. Le variabili eruttive (novae, novoidi, variabili nebulari e a flare) sono in tutto 2844. Quelle a eclisse, dei vari tipi, sono 4725. Alcune variabili, in numero di 55, sono inclassificabili, costituendo ognuna un caso unico, a sé stante. Infine, 808 ancora non sono state studiate abbastanza da poter essere classificate.

Il fatto che tante variabili siano ancora da studiare non deve far meraviglia e anzi si può senz'altro aggiungere che anche molte di quelle già studiate lo sono state solo parzialmente e che una loro osservazione più accurata e profonda, senz'altro auspicabile, potrebbe serbare sorprese anche grosse. Purtroppo, come si è visto, il numero delle variabili è troppo alto e gli astronomi di tutto il mondo riescono appena a seguirne una parte. Fortunatamente, a essi si affianca una nutrita schiera di appassionati non professionisti che, cercando nello studio del cielo quella distensione e quel senso di validità che sempre più ci vengono tolti dalla vita quotidiana, porta un contributo indispensabile alla conoscenza di uno dei più importanti e suggestivi campi della scienza del cielo.



## III

*Atlanti e cataloghi celesti*

Parlando delle stelle abbiamo spesso incontrato i nomi o le sigle con cui alcune vengono indicate. La stessa cosa è poi accaduta per altri oggetti, come la nebulosa M 42. Ciò avviene perché sia delle stelle sia dei principali oggetti celesti esistono cataloghi, generali o particolari, contenenti le posizioni e le loro principali caratteristiche, mediante le quali gli oggetti stessi possono essere descritti e individuati sulla volta celeste.

Il più antico catalogo stellare giunto fino a noi risale all'astronomo greco Ipparco che lo compilò intorno al 127 a. C. ed è, quasi certamente, quello tramandato dal famoso *Almagesto* di Tolomeo. In esso sono elencate posizione e splendore di 1022 stelle. Non era un gran numero di astri ma, in fondo, l'occhio umano non ne vede molti di più! Quando i contemporanei di Ipparco vennero a conoscenza della cosa, restarono colpiti e ammirati. Il naturalista Plinio esclamò addirittura, all'indirizzo dell'insigne astronomo che lo aveva compilato: « Osò contare le stelle e dar loro un nome, cosa ardua anche per un dio! ». Da allora il numero dei cataloghi e degli atlanti stellari è andato sempre aumentando risentendo, in epoche diverse, di tre cambiamenti fondamentali corrispondenti ad altrettanti cambiamenti dei metodi e delle tecniche osservative.

Un primo cambiamento fondamentale si ebbe quando, con l'introduzione dell'uso del cannocchiale, l'occhio poté avvalersi di un mezzo che moltiplicava letteralmente la sua potenza. Il primo catalogo compilato mediante il telescopio fu quello di 341 stelle australi, redatto da Halley all'isola di S. Elena, negli anni 1677-78. Il più esteso è la *Bonner Durchmusterung* (BD), tuttora largamente usata, contenente tutte le stelle a nord di  $-2^\circ$ , più brillanti della magnitudine 9,2 e molte altre fino intorno alla magnitudine 10,5. La compilazione di quest'opera, estesa poi fino alla declinazione

$-23^\circ$ , fu opera di Argelander e Schönfeld e si protrasse dal 1852 al 1884. Il catalogo e il corrispondente atlante contengono un totale di 457 848 stelle, tutte osservate e misurate una per una.

Le mete raggiunte dall'osservazione visuale furono successivamente superate dalla lastra fotografica. Questa, infatti, presenta l'enorme pregio di accumulare gli effetti cosicché, applicando una camera fotografica a un telescopio, con pose sufficientemente lunghe si possono registrare oggetti deboli, che l'occhio umano non distinguerebbe affatto spesso anche attraverso strumenti più potenti. Sfruttando questa nuova tecnica, alla fine del secolo scorso, venne iniziata la preparazione di una grande carta fotografica del cielo. Tale splendido lavoro era talmente vasto che dovette essere diviso tra 18 osservatori di tutto il mondo, che usarono tutti strumenti della stessa potenza e abbraccianti lo stesso campo utile di quattro gradi quadrati. Insieme all'atlante venne compilato un catalogo. Dopo circa trent'anni di lavoro, quasi tutti gli osservatori avevano ultimato la raccolta delle lastre e portato a buon punto il catalogo contenente tutte le stelle fino alla magnitudine 12, il cui numero si aggira intorno ai due milioni. Tuttavia il lavoro di riduzione del catalogo, a tutt'oggi non è stato ancora ultimato da tutti gli osservatori interessati, e il catalogo astrografico, nato all'insegna della fratellanza scientifica universale, ha finito per diventare una grossa fonte di amarezza per molti astronomi.

Dal lato organizzativo, un'impresa come questa poteva essere ripetuta ma non superata. Tuttavia si notò che essa era antieconomica, impegnando per un solo lavoro troppi strumenti per troppo tempo.

Fortunatamente, nel 1932, un tecnico estone risiedente ad Amburgo, B. Schmidt, costruì un telescopio riflettore provvisto di una lastra di vetro correttiva capace di eliminare quelle aberrazioni che limitano notevolmente le prestazioni dei telescopi a specchio. Il nuovo strumento possedeva due pregi fondamentali: alta luminosità e ampio campo. La sua introduzione provocava la terza svolta decisiva in tale campo di ricerche.

Il più grande degli strumenti di questo tipo, installato all'osservatorio di Mount Palomar, tra il 1949 e il 1956 realizzò il maggiore atlante fotografico celeste, purtroppo limitato al cielo a nord della declinazione di  $-27^\circ$ <sup>1</sup>. Questo atlante ci mostra milioni di stelle fino alla magnitudine 21,1, e centinaia di migliaia di altri oggetti: nebulose, ammassi di stelle, galassie, ecc. Ogni campo è stato fotografato in luce blu e rossa, in modo che, da eventuali diversità nell'aspetto degli oggetti o nell'intensità delle stelle, si possa risalire al colore di ogni corpo celeste fotografato.

<sup>1</sup> Con repliche successive, di qualità inferiore, l'atlante è stato esteso fino alla declinazione  $-42^\circ$ . Il completamento dell'atlante, per tutte le zone a sud dell'equatore, sarà effettuato col telescopio Schmidt dell'ESO (European Southern Observatory) in Cile.

Oltre ai cataloghi di stelle esistono anche quelli di altri oggetti celesti interessanti. Il primo e più celebre di essi fu quello compilato nella seconda metà del XVIII secolo dall'astronomo francese Messier. Fu questi un esperto cacciatore di comete, che nel corso della sua vita ne osservò oltre 40, delle quali 13 scoperte da lui stesso.

Il catalogo dei principali oggetti celesti (ammassi stellari, nebulose, ecc.) fu da lui compilato non per presentare gli oggetti stessi, ma come un ausilio nella ricerca delle comete. La prima idea si affacciò alla sua mente nell'agosto del 1758 quando, seguendo la cometa scoperta nel maggio precedente dal de la Nux, s'imbatté nella Nebulosa del Granchio. L'equivoco nel quale era caduto momentaneamente lo indusse a proporsi di fare una lista di tutti quei corpi che potevano essere scambiati per comete e che, nella ricerca di quest'ultime, dovevano essere scartati.

Nel 1764 iniziò una ricerca sistematica e nel 1771 ne pubblicò un primo elenco di 45. Il catalogo definitivo fu pubblicato nella *Connaissance des temps* per il 1784, stampata nel 1781. Esso contiene 103 oggetti, ognuno dei quali viene oggi indicato dal numero con cui figura nel catalogo, preceduto da una M. Di questi, alcuni erano già noti fin dall'antichità, come le Pleiadi, citate da Esiodo e Omero, o l'M 44, scoperto da Ipparco; alcuni furono scoperti da altri astronomi contemporanei. Ricordiamo soprattutto P. Méchain (altro cacciatore di comete) che ne scoprì 22, soprattutto nelle costellazioni della Vergine e della Chioma di Berenice, e passò le sue osservazioni a Messier. Quest'ultimo, oltre a raccogliere e a controllare le osservazioni degli altri, scoprì personalmente 42 oggetti.

Benché la lista di Messier comprenda 103 citazioni, si incontrano oggi alcuni oggetti Messier con un numero superiore, fino a 110. Ciò perché altri autori hanno aggiunto alla lista originale ammassi e nebulose, trovate solo successivamente nei manoscritti di Messier (lettere, appunti, ecc.). D'altra parte vi sono anche numeri della stessa lista di Messier che non corrispondono a corpi celesti precisi, ma solo a due o più stelle apparentemente vicine (come M 40 ed M 73) o non corrispondono a niente (come M 102 che è una replica errata di M 101).

Dopo questa lista di Messier, praticamente corrispondente agli oggetti celesti più vistosi e quindi anche meglio studiati, altri astronomi continuarono a scoprirne e a osservarne altri, che elencarono in altrettanti cataloghi. Essi furono tutti raccolti da J. L. E. Dreyer nel *New General Catalogue*, pubblicato nel 1888 e nei due *Index Catalogue*, pubblicati rispettivamente nel 1895 e 1908. Questi cataloghi contengono un totale di 13 226 oggetti (tra i quali quelli del catalogo Messier) indicati col loro numero progressivo, preceduto dalla sigla NGC o IC.

Riassumendo, dunque, gli astronomi moderni hanno soprattutto a loro disposizione: un grande atlante-catalogo, la BD, esteso con la *Cordobe*

*Durchmusterung*, a tutto l'emisfero australe; uno splendido atlante fotografico in due colori, dal polo nord alla declinazione australe  $-42^\circ$ ; un catalogo generale delle principali nebulose, ammassi, galassie, ecc., contrassegnati con le sigle NGC e IC.

Oltre a questi ne esistono numerosi altri specializzati: da quelli generali delle stelle doppie o delle stelle variabili, che abbiamo già incontrato, ad altri sempre più ristretti e specifici, riguardanti oggetti più deboli o contenenti informazioni più particolari. Esistono anche cataloghi di oggetti scoperti solo recentemente in virtù delle nuove tecniche usate, come quelli di stelle infrarosse, di sorgenti radio o di sorgenti X. Su questi cataloghi, che interessano solo gli specialisti, non è il caso di indugiare.

Va segnalato invece un ultimo atlante, l'*Atlas coeli* compilato dall'astronomo cecoslovacco A. Becvar, unitamente all'*Atlas coeli catalogue*. Di semplice consultazione e basso costo, ugualmente usata da astronomi professionisti e da amatori, questa coppia atlante-catalogo offre, in una sintesi pratica e moderna, la visione più completa del cielo attraverso gli oggetti più vistosi o più famosi, comprese stelle novae, doppie, radiosorgenti e nebulose oscure.

## IV

*Le galassie Maffei*

La scoperta delle due nuove galassie chiamate ora Maffei 1 e Maffei 2 è l'ultimo esempio di una di quelle straordinarie combinazioni per le quali si trova una cosa mentre se ne cercava un'altra.

Per tale genere di scoperte Horace Walpole conìò una parola che non ha la corrispondente nella lingua italiana e che è difficile trovare anche nei vocabolari inglesi: *serendipity*. Questa parola trae la sua origine da un racconto veneziano del Rinascimento, nel quale si narra di tre principi di Serendip (Ceylon), alla ricerca di cento versi, contenenti il segreto di un fluido capace di uccidere tutti i mostri marini. Essi trovarono solo pochi frammenti della formula magica ma, nel corso di questa ricerca, compirono numerose altre scoperte inattese, dovute semplicemente al fatto che stavano cercando qualcosa. *Serendipity*, dunque, non equivale a 'caso' o 'fortuna', o meglio non soltanto a questo, ma a 'scoprire, attraverso l'incidente e la sagacia, cose che non si stavano cercando'. È evidente che tutto ciò avviene, quasi sempre, quando si percorre una strada nuova o, comunque, poco frequentata, seguendo un nuovo itinerario o usando una nuova tecnica. E ciò è quanto si è verificato anche in questo caso.

Già verso il 1956 avevo cominciato a fotografare oggetti celesti anche nell'infrarosso. La tecnica non era nuova ma non molto diffusa. Comincia a esserlo appena ora, dopo l'enorme sviluppo delle ricerche nell'infrarosso avanzato, cioè a lunghezze d'onda da 1,2 a 3000  $\mu\text{m}$ , compiute con strumenti speciali e tecniche raffinate, che tuttavia non diminuiscono l'importanza delle ricerche nell'infrarosso vicino (lunghezze d'onda minori, a confine, cioè, con la radiazione visibile) registrabile fotograficamente. Infatti l'infrarosso fotografico è spesso già sufficiente a suggerirci ciò che accade in quello lontano e, d'altra parte, ci fornisce rapidamente risultati ben vi-



Fig.127 La scoperta delle galassie Maffei: ingrandimento del campo di IC 1805 fotografato in luce rossa con il telescopio Schmidt dell'Osservatorio Astrofisico di Asiago. Le due galassie sono in basso a destra, indicate da frecce: sopra, Maffei 1; sotto, Maffei 2.

sualizzati attraverso le immagini fotografiche e non mediante numeri o grafici.

Uno dei campi nei quali lo studio del comportamento infrarosso può essere particolarmente interessante è quello delle stelle in formazione.

Come si è già visto nel capitolo V, le stelle nascono continuamente in zone particolari, ricche di gas e polveri e, appena formate, appaiono riunite in gruppi chiamati associazioni. Molte delle stelle delle associazioni presentano diverse stranezze. In particolare, in alcune di queste zone, avevo già avuto modo di ottenere interessanti risultati, confrontando il comportamento nel blu con quello nell'infrarosso. Ricordo, tra l'altro, nella ricca zona di Orione, una piccola nebulosa a forma di cometa, appena visibile nel blu ma intensa nell'infrarosso, a un'estremità della quale scoprii che brillava una stella infrarossa di splendore variabile.

Tra le zone che mi sembravano degne d'interesse e ancora non sufficientemente studiate, ce n'era una nella costellazione di Cassiopea, indicata con la sigla IC 1805, della quale, già nel 1962, avevo ottenuto alcune fotografie col telescopio Schmidt di Amburgo, uno dei più grandi del mondo. Nell'autunno del 1967, preparando un programma di osservazioni da svolgere col nuovo telescopio Schmidt dell'Osservatorio di Asiago, decisi di effettuare anche osservazioni blu e infrarosse di quel campo (FIG. 127). Scoprii così la più brillante delle due galassie, proprio pochi giorni prima dell'inaugurazione ufficiale dello strumento. La prima coppia di fotografie blu-infrarossa era stata ottenuta la notte del 29 settembre 1967 (FIG. 128). Il giorno dopo diedi una prima occhiata alle lastre appena sviluppate e asciugate. È un'operazione consueta, ma quella volta non era solo per un controllo tecnico, perché c'era anche l'interesse e la curiosità della novità, dovuti al fatto che quella era la prima coppia che ottenevo in quel campo. La zona è ricchissima di nebulose visibili solo in luce rossa, che scompaiono completamente (e ciò è normale) nell'infrarosso. Rimasi dunque molto sorpreso quando sulla lastra infrarossa, ricca di stelle ma assolutamente priva di nebulose, notai, a occhio nudo, un punto oscuro più esteso dei punti dovuti alle stelle. Al microscopio aveva un aspetto diffuso e appariva chiaramente che non si trattava di una stella. Ma ciò che più mi stupì fu il fatto che, cercandolo in quella stessa posizione sulla lastra blu, non trovai niente.

Per dissipare ogni dubbio, la notte del 1° ottobre ottenni un'altra coppia di lastre e anche questa volta nella lastra infrarossa c'era la piccola nebulosa, con la stessa estensione, lo stesso splendore e al solito posto. Era dunque sicuramente un corpo celeste. Ma cosa?

Mi tornò in mente la piccola nebulosa a forma di cometa in Orione. Forse era qualcosa di analogo ma quella era visibile, anche se debolissima, nel blu, e poi qui non si vedeva, come nell'altra, una stella infrarossa che

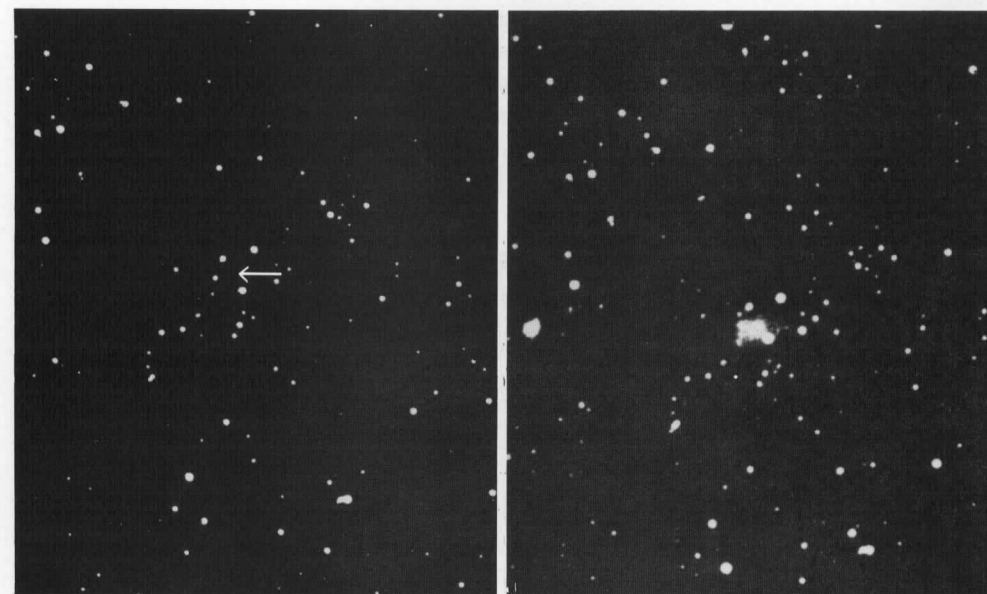


Fig.128 Ingrandimento della zona della galassia Maffei 1 fotografata nel blu (a sinistra) e nell'infrarosso (a destra) con lo stesso strumento. Si noti l'assenza dell'oggetto nella fotografia 'blu' (P. Maffei).

poteva illuminarla. Forse era un corpo più strano ed enigmatico, in cui la materia che forma le stelle attraversava una fase ancora sconosciuta e inesplorata. Forse avevo colto per la prima volta quell'anello di congiunzione tra la stella e la materia prestellare che finora era sempre sfuggito.

Era indispensabile raccogliere altre informazioni. Cercai la nebulosetta sull'atlante fotografico di Mount Palomar, volli vedere se era stata segnalata da altri e se era radiosorgente. Riesaminai anche il materiale che avevo raccolto ad Amburgo ma tutto senza ottenere grandi progressi. Per saperne di più occorreva effettuare una fotometria in più colori, soprattutto nell'infrarosso più lontano, e ottenere uno spettro con uno spettrografo a fenditura: ma per la prima non abbiamo in Italia l'attrezzatura adatta e per il secondo occorreva un grande telescopio. Così, nell'aprile del 1968, decisi di pubblicare quanto avevo scoperto sperando che altri continuassero la ricerca.

Fu allora, mentre preparavo il materiale fotografico per illustrare la comunicazione, che scoprii il secondo oggetto, molto più debole del primo ma con lo stesso strano comportamento blu-infrarosso.

Inviai la notizia della scoperta dei due oggetti alla Società Astronomica del Pacifico, che la pubblicò nel numero di ottobre delle sue 'Publications'.

Intanto mi si era affacciata alla mente un'altra possibilità: che i due oggetti infrarossi fossero di un tipo già noto e molto luminosi (come galassie o ammassi globulari), ma che la loro luce ci apparisse estremamente indebolita e arrossata a causa dell'enorme quantità di pulviscolo interstellare, più vicino a noi, e interposto in grande abbondanza proprio nella direzione in cui essi apparivano. Questo punto di vista mi fu manifestato anche da

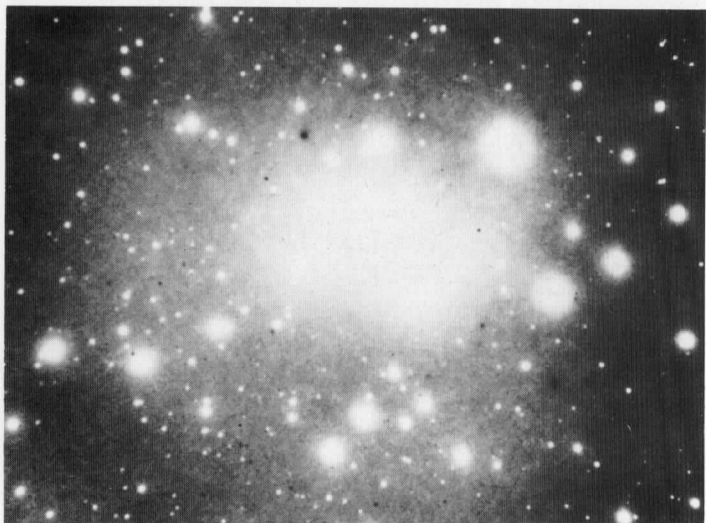


Fig.129 Immagine di Maffei 1 ripresa con il riflettore di 5 m di Mount Palomar.

Gavril Grueff, radioastronomo di Bologna al quale avevo segnalato i due oggetti, che il 1° dicembre 1969 mi comunicava di aver scoperto che l'oggetto 1 non era radioemittente ma l'oggetto 2 sì.

Uno studente dell'Università di California, Robert Landau, leggendo la mia nota e dopo uno scambio epistolare con me, riprese l'osservazione dell'oggetto 1. La ricerca interessò poi altri astronomi, tra i più esperti specialisti, che affrontarono dapprima l'oggetto 1, poi anche l'oggetto 2 (FIGG. 129 e 130) con i più grandi telescopi del mondo, tra i quali il riflettore di 5 m di diametro di Mount Palomar. Così, ai primi di gennaio del 1971, nove astronomi, guidati da H. Spinrad e tra i quali era anche Landau, pubblicarono il risultato delle loro ricerche sul primo oggetto e alcune considerazioni preliminari sul secondo.

Secondo questi si trattava di due nuove galassie (che indicarono col mio nome), molto oscurate dalla materia interstellare della nostra Galassia, interposta lungo la visuale condotta dalla Terra, dato che, come noi, si

trovano a giacere in prossimità del piano equatoriale galattico, ricco di polvere. Fortunatamente esse sono in direzione opposta al centro della Galassia, cioè dalla parte in cui, muovendosi dalla Terra sul piano dell'equatore galattico, si attraverserebbe lo spessore di polvere minimo prima di uscire fuori della Galassia.

Dalle osservazioni degli astronomi statunitensi, risultò che l'emissione



Fig.130 Immagine di Maffei 2 ripresa con il riflettore di 5 m di Mount Palomar.

infrarossa alla lunghezza d'onda di  $2,2 \mu\text{m}$ , dalle zone centrali di Maffei 1, è uguale a quella emessa da una stessa area della zona centrale della galassia M 31. Tenendo poi conto dell'assorbimento interstellare in modo che il colore risultante fosse quello di una galassia ellittica gigante e del nucleo di M 31, essi trovarono un assorbimento di 5,1 magnitudini. La distribuzione spettrale dell'energia, dal blu a  $3,5 \mu\text{m}$ , si adattava perfettamente a quella, già nota, del nucleo di M 31: questa fu la prima prova concreta che l'oggetto Maffei 1 è una galassia. Una seconda venne fornita dagli spettri che mostrarono il tripletto del magnesio (molto comune nelle galassie), le righe del sodio e bande dell'ossido di titanio, già trovate nei nuclei di galassie giganti ellittiche o spirali.

Da queste e altre osservazioni si concludeva che Maffei 1 era una galassia gigante ellittica, di tipo E3 o E4, avente una magnitudine assoluta  $M_v = -20,5$ , situata a una distanza compresa tra 0,3 e 4 milioni di parsec, presumibilmente 1 milione di parsec, corrispondenti a 3 300 000 anni luce.

Essa appare muoversi, rispetto al baricentro della Galassia, a una velocità di 165 km/s e si ritiene abbia una massa duecento miliardi di volte superiore a quella del Sole. Si tratterebbe dunque di una galassia enorme come la nostra, anche se di tipo diverso, e contenente almeno cento miliardi di stelle.

Sulla Maffei 2, all'inizio del 1971, si sapeva molto meno. Appariva tuttavia evidente che si trattava di una galassia a spirale e si riteneva, data la piccola distanza apparente da Maffei 1, che fosse fisicamente associata a quest'ultima, cioè che non le apparisse vicina solo per un effetto prospettico. In tal caso, adottando per entrambe la distanza di 3 300 000 anni luce, risultava che venivano a far parte del cosiddetto 'sistema locale' di galassie, composto da sedici galassie, disposte a varie distanze intorno alla nostra, entro un raggio di poco più di tre milioni di anni luce (FIG. 131). L'importanza di questa scoperta non consisteva nell'aver aumentato il numero totale delle galassie del sistema (che all'inizio del 1972 è stato ancora accresciuto da van den Bergh con la scoperta di quattro galassie nane nei pressi di M 31) ma il numero delle maggiori che, con la Maffei 1, passava da due (la Galassia ed M 31) a tre.

Inoltre, con l'aggiunta di questa galassia di grande massa, il sistema diveniva dinamicamente instabile, fatto di grande importanza non solo nello studio della struttura del sistema locale ma anche in quello della sua evoluzione.

Contemporaneamente o successivamente, altri scienziati affrontarono lo studio di questi oggetti, giungendo a risultati nuovi e talvolta contrastanti con i primi. L'astronomo olandese Oort, usando il nuovo radiotelescopio di Westerbork, costruì una radiomappa della zona alla lunghezza d'onda di 21 cm, constatando che Maffei 1 *non* appare emettere radioonde. Questo risultato era già stato ottenuto da altri ma Oort, grazie alla particolare sensibilità del suo strumento, giunse a spingersi fino a un livello di ricezione molto basso. Così egli poté affermare che l'emissione radio, se c'è, deve essere almeno diecimila volte inferiore all'emissione minima registrata finora nelle galassie giganti ellittiche. Per vedere fino a che punto questo caso è eccezionale, è stata iniziata a Westerbork una rassegna di tutte le galassie giganti ellittiche, misurando per ognuna l'intensità della radioemissione.

Intanto importanti ricerche venivano svolte da altri radioastronomi sulla galassia Maffei 2. L. Bottinelli e altri sei radioastronomi francesi, mediante il radiotelescopio di Nançay hanno compiuto osservazioni in corrispondenza della riga dell'idrogeno a 21 cm e dello spettro continuo adiacente. Così hanno trovato la velocità con cui Maffei 2 si allontana da noi e, soprattutto, che ruota su sé stessa, con una velocità massima di 200 km/s. Hanno poi ricavato la distanza con diversi metodi e partendo da diverse

ipotesi sul tipo di galassia. Ammettendo che sia di tipo Sb, come suggerito dal gruppo di Mount Palomar, risulterebbe distante 2,7 Mpc. In tal caso si tratterebbe sempre di una galassia media con una massa quarantasei miliardi di volte quella del Sole, cioè meno di un quarto di quella di Maffei 1.

È chiaro che, se veramente questa galassia è così distante, non si può più dire che appartenga al sistema locale. Secondo gli astronomi francesi le due nuove galassie, che continuano a supporre associate fra loro, farebbero parte di un altro sistema, quello Orsa Maggiore-Giraffa, al quale appartengono anche M 81 ed M 82 (FIG. 132).

Però, se si accetta come distanza comune quella di 2,7 Mpc, trovata per Maffei 2, la galassia Maffei 1 viene ad avere una massa quasi novecento miliardi di volte quella del Sole. Se venisse confermato che è un'ellittica gigante, sarebbe sempre più difficile spiegare la mancanza di radioemissione. Anzi, se le ricerche in corso a Westerbork mostreranno che non c'è nessuna galassia ellittica gigante con radioemissione così debole, sarebbe opportuno ritenere che Maffei 1 sia una galassia ellittica nana e molto

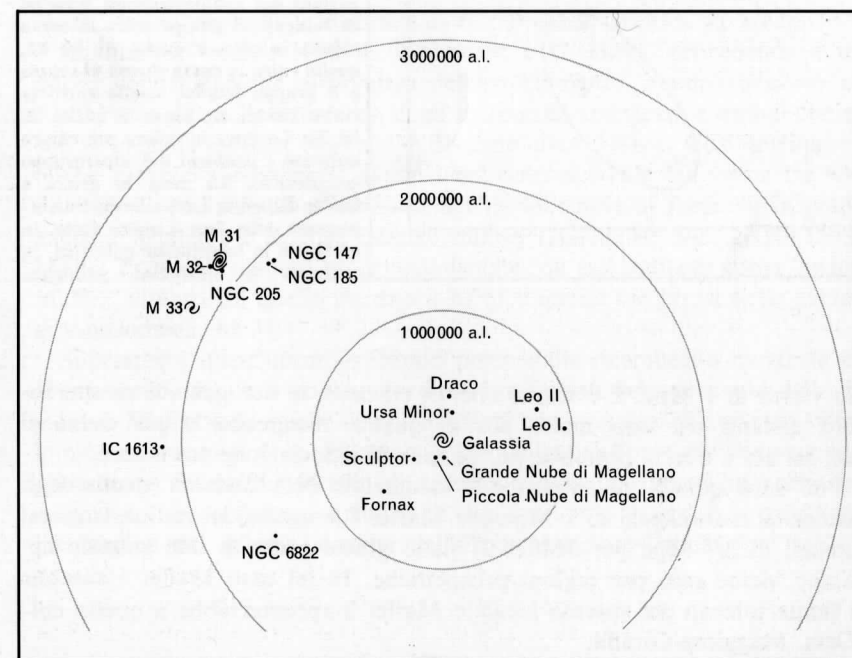
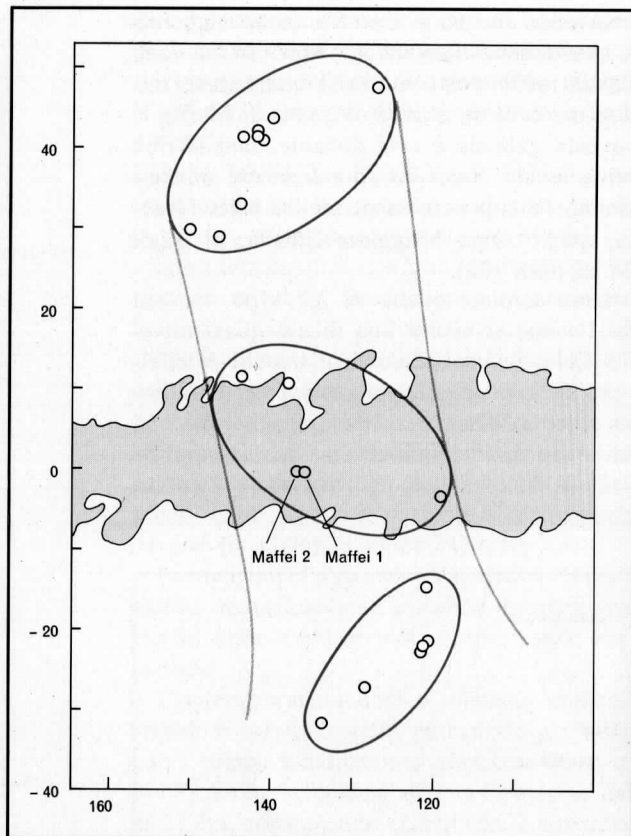


Fig.131 Il sistema di galassie locali prima della scoperta delle due galassie Maffei. Secondo le prime misure entrambe le nuove galassie andavano collocate non lontano dal gruppo di M 31 (galassia di Andromeda), poco al di là della terza circonferenza.



**Fig.132** Sistema galattico Orsa Maggiore-Giraffa secondo le osservazioni dei radioastronomi francesi di Nançay. Il gruppo entro la curva chiusa in alto è quello di M 81, quello entro la curva chiusa al centro è il gruppo Maffei, quello entro la curva chiusa in basso è quello di M 31. Le linee in colore più chiaro indicano i contorni del supergruppo complessivo. La zona in grigio è quella della Via Lattea in cui l'assorbimento della luce è molto forte. In ascissa è la longitudine galattica, in ordinata la latitudine galattica.

più vicina di 1 Mpc. È evidente che, in tal caso, le due galassie risulterebbero distanti tra loro molto più di quanto disterebbe la più vicina di esse da noi e non si potrebbe più parlare di associazione tra le due.

Può darsi quindi che entrambe le valutazioni delle distanze (quella degli astronomi statunitensi di 1 Mpc per Maffei 1 e quella dei radioastronomi francesi di 2,7 Mpc per Maffei 2) siano giuste e che le due galassie appaiano vicine solo per ragioni prospettiche. In tal caso Maffei 1 sarebbe al limite esterno del sistema locale e Maffei 2 apparterebbe a quello dell'Orsa Maggiore-Giraffa.

In questo senso appaiono molto significative le osservazioni radio rese note nel gennaio 1972 da R. Love. Secondo le osservazioni da lui eseguite con l'interferometro di mezzo miglio di Cambridge, Maffei 2 sarebbe

distante 4 Mpc e farebbe quindi parte del sistema di M 81, ma a una distanza ancora maggiore di quella trovata dagli astronomi francesi. Inoltre egli, registrando la distribuzione dell'idrogeno neutro, non ha trovato tracce di distorsioni attribuibili all'attrazione di Maffei 1, che non può esserle quindi molto vicina. Sembra dunque che i due oggetti non siano collegati.

Ma a questo punto le ricerche sono già entrate in una terza fase: quella della ricerca e dello studio di tutte le altre eventuali galassie della zona, più o meno oscurate, che la scoperta delle due galassie Maffei ha dimostrato che è possibile trovare e studiare, anche se in condizioni d'inferiorità. Agli osservatori di Mount Wilson e Palomar sono state ottenute fotografie infrarosse di galassie normali per poterne confrontare l'aspetto con quelle fortemente oscurate come le due Maffei. Altri astronomi hanno proposto di includere nel gruppo delle due Maffei anche IC 342, poi IC 10 e infine NGC 404 ed NGC 1569.

I radioastronomi francesi, dopo aver avanzato addirittura l'ipotesi che il gruppo di M 81 è un enorme complesso allungato, di ben dieci milioni di anni luce, che si estende verso di noi includendo, non solo le due galassie Maffei e la vicina IC 10, ma addirittura anche M 33 e la galassia di Andromeda, hanno ricavato la distanza di IC 10 che è risultata di 3 Mpc.

Intanto, nel marzo 1972, L. Kohoutek e U. Haug, procedendo a una nuova determinazione osservativa dell'assorbimento, hanno concluso che è più basso di quello attribuito dagli astronomi americani e quindi che anche la galassia ellittica Maffei 1 è distante circa 3 Mpc. Così entrambe le nuove galassie sarebbero al di fuori del sistema locale ma vicine tra loro. Secondo le più recenti conclusioni dei radioastronomi francesi, la grande galassia Maffei 1 e le altre quattro minori (IC 10, IC 342, NGC 1569 e Maffei 2) costituirebbero un gruppo isolato, da essi indicato come 'gruppo Maffei', situato tra quello intorno a M 81 e quello nei pressi della galassia di Andromeda, M 31.

Soprattutto quest'ultimo sviluppo preso dalle ricerche ha mostrato che al momento attuale le conseguenze più importanti della scoperta delle due galassie Maffei sono quelle di una migliore conoscenza dell'universo vicino, immediatamente al di là dei confini della Galassia. Forse dovrà essere completamente rivisto il concetto di sistema locale, che potrebbe anche non esistere nel senso finora attribuitogli, limitandosi a essere solo un'estrema propaggine del grande sistema dell'Orsa Maggiore-Giraffa.

## V

*La vita nell'universo*

L'impresa spaziale dei due Viking che si sono posati su Marte nei mesi di luglio e di settembre del 1976 ha entusiasmato il mondo per la perfezione della tecnologia e per i risultati scientifici ottenuti ma ha deluso anche una grande aspettativa. Da millenni si parlava di vita extraterrestre e da oltre un secolo si riteneva che se c'era un pianeta sul quale si poteva cercare una forma di vita con la certezza di trovarla questo era senz'altro Marte. I due Viking sono stati spediti su Marte principalmente per questa ricerca e l'esito è stato, almeno fino ad ora, negativo. Può darsi che una ricerca eseguita con altri metodi o in altre zone del pianeta condurrà, in un prossimo futuro, a un risultato positivo. Per ora le analisi e le osservazioni compiute hanno dato una risposta che è giunta come una doccia fredda su tutti coloro che sostengono la teoria della pluralità dei mondi abitati: vi può essere un pianeta che ha un'atmosfera, un clima, un suolo soggetto a evoluzione, un pianeta, insomma, geologicamente vivo che potrebbe ospitare una qualche forma di vita, sul quale, nonostante questo, la vita non c'è.

Questo risultato era atteso per la Luna, il cui ambiente è assolutamente inospitale, ma non per Marte, per il quale il maggiore problema sembrava essere divenuto addirittura non tanto quello dell'esistenza della vita quanto del tipo di vita che avremmo potuto incontrare. Dopo la risposta negativa dei Viking si è sentito quindi il bisogno di rimettere in discussione il problema e, in particolare, un suo aspetto: la probabilità di incontrare pianeti abitati nell'universo.

Basandoci su considerazioni statistiche e probabilistiche questa ricerca può essere sviluppata nel modo seguente. Come era diventato per Marte, la curiosità dell'uomo è eccitata soprattutto dall'idea di *come* potrebbe

essere la vita extraterrestre ma il problema fondamentale che non è stato ancora risolto è *se* esiste la vita fuori della Terra e, in caso affermativo, quanto è frequente. Si è tentato di calcolare quanti sono i pianeti di tutta la Galassia che ospitano una qualche forma di vita, non necessariamente intelligente. Il loro numero, almeno in teoria, si può definire molto facilmente. Esso è fornito dal prodotto del numero delle stelle che formano la Galassia per la frazione di queste che possiede sistemi planetari simili al nostro, per il numero di pianeti abitabili in ogni sistema, per la probabilità che la vita si sviluppi effettivamente su ognuno dei pianeti nei quali le condizioni sono favorevoli. Questo discorso si può riassumere nella seguente formula:

$$N = n \times f_p \times P \times p.$$

Ponendo ora al posto di ogni lettera il numero che esprime il valore più sicuro secondo le conoscenze attuali, si dovrebbe ricavare quello dei pianeti della Galassia sui quali esiste la vita.

Quante sono le stelle è ben noto:  $10^{11}$ . Meno sicuro è il numero di sistemi planetari. Questo valore si può ricavare moltiplicando il numero di stelle della Galassia,  $n$ , per  $f_p$ , cioè per la frazione di esse che possiede un corteo di pianeti. In realtà noi conosciamo solo un sistema planetario in tutto l'universo, il nostro, ma le teorie sulla formazione ed evoluzione delle stelle e il fatto che la maggior parte dei pianeti del nostro stesso sistema solare possiede satelliti, inducono a pensare che quasi tutte le stelle dovrebbero possedere pianeti. D'altra parte si deve escludere la maggior parte delle stelle doppie, nelle quali, salvo i casi delle coppie abbastanza larghe, difficilmente potrebbero esistere sistemi planetari stabili, simili al nostro. Oltre a queste vanno escluse le stelle dei tipi O e B che splendono per un periodo talmente breve da non dare tempo ai loro eventuali pianeti di evolversi al punto da far sorgere e sviluppare la vita. Le doppie sono circa la metà delle stelle; escludendo i sistemi più larghi e aggiungendo, invece, le stelle O-B, si giunge alla conclusione che  $f_p$  può essere posto uguale a 0,5.

Il numero dei pianeti abitabili  $P$  può essere dedotto basandoci sul nostro sistema solare, nel quale ce ne sono almeno due sicuri (la Terra e Marte) e uno ancora non del tutto escluso (Venere). Per non essere troppo ottimisti assumeremo  $P = 2$ . Moltiplicando, dunque, 2 per 0,5 per  $10^{11}$  otteniamo esattamente  $10^{11}$  cioè: cento miliardi di pianeti abitabili in tutta la Galassia. Si badi bene, però, che abbiamo detto *abitabili* non abitati. Per ottenere quest'ultimo valore occorre moltiplicare ancora per  $p$ , cioè per la probabilità che, quando su un pianeta si verificano le condizioni adatte ad ospitare la vita, questa appare effettivamente su di esso. E questo punto è il più insicuro dell'intera questione della vita nell'universo.



Ammettendo, come si è visto, che i pianeti abitabili di una galassia siano  $10^{11}$  e che il numero di galassie di tutto l'universo sia  $10^{10}$ , i pianeti abitabili in tutto l'universo sarebbero  $10^{21}$ . Di questo numero di pianeti, inconcepibilmente alto, almeno uno (la Terra) è abitato: quindi, nell'ipotesi, tanto pessimistica da sembrare assurda, che l'unico pianeta realmente abitato sia il nostro, si ha che il valore di  $p$  è  $10^{-21}$ . Tra questo valore e  $p = 1$ , corrispondente al caso in cui tutti i pianeti adatti alla vita sono effettivamente abitati, c'è una gamma di infiniti valori di  $p$  tra i quali, fino ad ora, non siamo riusciti a trovare quello giusto.

La scoperta della vita su Marte potrebbe risolvere proprio questo problema. Infatti tutti sono d'accordo oggi che un'eventuale vita marziana non potrebbe provenire da quella terrestre perché, anche nell'ipotesi che spore vitali possano viaggiare nello spazio, come si ammetteva all'inizio del corrente secolo, esse sarebbero sterilizzate dal fortissimo irraggiamento ultravioletto proveniente dal Sole. Così, se trovassimo la vita su Marte, dovremmo ammettere che, come le condizioni ambientali favorevoli alla vita si sono sviluppate su quel pianeta indipendentemente da quelle terrestri, così la vita stessa vi sarebbe apparsa prescindendo dalla Terra, come se Marte fosse addirittura un pianeta di un altro sistema planetario. In altre parole Marte si può considerare come un pianeta preso a caso tra quelli che hanno condizioni ambientali favorevoli alla vita. Se quindi vi si scoprisse effettivamente una forma di vita ciò significherebbe che la probabilità che la vita sorga e si sviluppi ogni volta che è possibile, è molto alta e  $p$  potrebbe essere prossimo o addirittura uguale a 1. In questo caso il numero di pianeti abitati in tutta la Galassia sarebbe di circa 100 miliardi e in tutto l'universo raggiungerebbe l'inconcepibile cifra di 1000 miliardi di miliardi.

A questo punto c'è da fare però una considerazione molto importante. Nel caso che un pianeta, per esempio Marte, risultasse del tutto privo di vita, si potrebbe obiettare che non si è ancora sviluppata ma che un giorno si svilupperà. Infatti per qualsiasi mondo deve esistere un periodo di tempo nel quale, pur essendosi formato come pianeta, non si è ancora sviluppato come soggiorno adatto alla vita, così come deve esistere un periodo in cui, per diverse ragioni, il pianeta continua ad esistere ma non ospita più alcuna forma di vita. Una di queste ragioni presto o tardi si deve verificare e può essere senz'altro prevista ed è quando il sole che lo illumina e riscalda aumenta o diminuisce tanto la sua temperatura da fare uscire quella alla superficie del pianeta, al di fuori dei limiti entro i quali la vita è possibile, provocando così la sua estinzione.

Il discorso che abbiamo fatto fin qui, dunque, non ha molto senso se non formuliamo la nostra domanda in un modo più preciso e anche più interessante e cioè: quanti pianeti, nella Galassia, ospitano una qualche

forma di vita, in questo momento? Per ricavare questo numero dobbiamo moltiplicare il risultato ottenuto nel secondo membro della formula, per il tempo  $L$  in cui un pianeta ospita la vita, espresso come frazione del tempo totale in cui il pianeta esiste. Supponendo che il pianeta esista per  $10^{10}$  anni e che ospiti esseri viventi per almeno la metà di questo tempo, il valore da assumere per  $L$  è 0,5.

Considerando però le cose da questo punto di vista non possiamo essere più tanto pessimisti dopo i risultati ottenuti su Marte, perché la nostra esplorazione potrebbe essere capitata fuori dell'epoca giusta. Prescinderemo dunque da questo risultato e calcoleremo il numero di pianeti della Galassia sui quali presumibilmente esiste la vita, in questo momento, in due casi. Prima di tutto assumendo  $p = 1$ , cioè nell'ipotesi che, presto o tardi, la vita compaia su ogni pianeta ogni volta che si vengono a creare le condizioni adatte per ospitarla. In un secondo caso assumendo  $p = 0,001$ , cioè ammettendo che, anche quando un pianeta sarebbe adatto alla vita, questa vi compaia e si sviluppi solo una volta su mille. Nel primo caso giungiamo alla conclusione che in questo momento in tutta la Galassia, la vita esiste su 50 miliardi di pianeti mentre nel secondo caso, più pessimistico, troviamo ancora un numero altissimo di pianeti abitati: 50 milioni.

Anche nel caso meno ottimistico, dunque, il numero di pianeti che ospitano la vita in tutta la Galassia sarebbe elevatissimo e in tutto l'universo raggiungerebbe addirittura la cifra inconcepibile di 500 milioni di miliardi.

Questo risultato si riferisce a una forma qualsiasi di vita, per esempio di tipo vegetale, e non implica necessariamente l'esistenza di esseri intelligenti simili all'uomo. Un evento del genere dovrebbe essere molto più raro e, in ogni caso, durare molto meno. Ammettendo, come fece a suo tempo A. G. W. Cameron, che in tutti i pianeti abitati vi sia una specie che raggiunge un sufficiente grado di intelligenza e che questa specie si sviluppi dopo 3 miliardi di anni e viva per un milione di anni, il valore di  $L$  sarebbe 0,0003. Le specie intelligenti presenti in tutta la Galassia in questo momento sarebbero allora 30 milioni nel caso più favorevole ( $p = 1$ ) e ancora 30 mila in quello meno favorevole ( $p = 0,001$ ). In tal caso in tutto l'universo ci sarebbero ora da 300 miliardi di miliardi a 300 mila miliardi di pianeti abitati da esseri intelligenti.

Così, anche nel caso in cui la vita si sviluppasse solo su un millesimo dei pianeti adatti ad ospitarla, il numero di pianeti abitati in tutto l'universo risulterebbe elevatissimo e ciò perché è immenso il numero delle galassie, delle stelle e, quasi certamente, anche dei pianeti.

Naturalmente ciò non significa che il valore di  $p$  non potrebbe essere uguale a quel famoso  $10^{-21}$  per il quale la Terra sarebbe l'unico pianeta abitato in tutto l'universo. Quest'ultimo caso non potrà essere mai dimostrato, perché dovremmo esplorare tutti i pianeti dell'universo e otte-

nere da tutti una risposta negativa. In altre parole è possibile che un giorno troveremo la vita fuori dalla Terra, magari su un pianeta circolante intorno a una delle stelle più vicine, ma non potremo avere mai la prova contraria, cioè che la Terra è l'unico pianeta abitato in tutto l'Universo.

Concludendo, per il momento non possiamo dire molto di più ma certamente le prossime generazioni tenteranno ancora di risolvere questo appassionante problema, inviando altre sonde su Marte e su altri pianeti del sistema solare, realizzando viaggi con astronavi abitate sui pianeti delle stelle più vicine e continuando a lanciare nello spazio segnali in codice che forse un giorno potrebbero ottenere una risposta.

## Indice analitico

- Abitabili, pianeti, 331  
 Acido cianidrico, 206  
 Acido formico, 207  
 Acido isocianico, 207  
 Acrilonitrile, 207  
 AD Leonis, stella, 170  
 Adone, 75  
 Aerobee, razzo, 250  
 Alba Patera, vulcano, 62  
 Alcool metilico, 207  
 Alcyone, 187  
 Alfa del Centauro, 100, 101, 102, 103, 105, 111, 112, 114, 123, 308  
 Algol, 135  
*Almagesto*, 316  
 Altair, 119, 123, 125  
 Ambartsumian, teoria, 177  
 Amburgo, telescopio Schmidt, 322  
 Ammassi, 183  
 Ammassi aperti (galattici), 183  
 Ammassi globulari, 200, 210, 212  
 Amminoacidi, 208  
 Ammoniac, 206, 218  
 Andromeda (M 31), massa, 235  
 Andromeda (M 31), nebulosa, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 235, 245, 247, 250, 251, 329  
 Andromeda (M 31), rotazione, 235  
 Anno luce, 308  
 Apollo, 75  
 Apollo 11, 303  
 Apollo 12, 29  
 Apparente, magnitudine, 309  
 Argelander, catalogo, 311  
 Arp, diagramma, 244  
 Asiago, Osservatorio, 168  
 Asiago, telescopio Schmidt, 322  
 Assoluta, magnitudine, 309  
 Asteroidi, 73  
 Asterope, 187  
*Atlas coeli*, 319  
*Atlas coeli catalogue*, 319  
 Atomica, bomba, 38  
 Atomo, 33, 36, 37, 38  
 $\epsilon$  Aurigae, stella, 122, 135  
 $\zeta$  Aurigae, stella, 133  
 Berillio, 36, 37, 38  
 Berkeley, Università, 204  
 Blink-microscopio, 312  
 Bode, legge di, 73  
*Bonner Durchmusterung*, 316  
 Boro, 36, 37, 38  
 3C 273, quasar, 282  
 3C 446, quasar, 284, 285  
 Calcio, 203  
 California Institute of Technology, 205  
 Callisto, 88  
 Cambridge, radioastronomi, 153  
 Carbonio, 36, 37  
 Carbonio-azoto, ciclo, 37, 38  
 Cassiopea, costellazione, 101

*Catalogo generale delle stelle variabili*, 312  
 Catania, Osservatorio, 171  
 Cefeidi, 141, 142, 223  
 Celaeno, 187  
 $\omega$  Centauri, ammasso, 190  
 $\delta$  Cephei, stella, 141, 143  
 Cerere, 73, 74  
 Chioma di Berenice, ammasso di galassie, 265, 266  
 Chryse Planitia, 63  
 Cianogeno, 206  
 Cigno, nubi del, 201  
 21 cm, radiazione, 201  
 Comete, 90  
 Comete, chioma, 96  
 Comete, coda, 96  
 Comete, nucleo, 95  
 Compatte, galassie, 240, 242  
*Connaissance des temps*, 318  
*Cordobe Durchmusterung*, 319  
 Corona Boreale, costellazione, 189  
 Cosmici, raggi, dalle supernovae, 158  
 CP Lacertae, Nova, 146  
 Crimea, Osservatorio, 170  
 Cromosfera, 22, 23, 30, 39, 40  
 Cromosfera, struttura, 26, 40  
 Curva di luce, 127, 128  
 61 Cygni, stella, 105, 112, 113, 307

Deimos, 88, 89  
 Dinamiche, parallassi, 309  
 Doppler, effetto, 129, 141, 275, 281  
 Dorpat, Osservatorio, 104  
 DQ Herculis, nova, 149  
 Dragone, costellazione, 241

Einstein, effetto, 281  
 Elementi, formazione, 298  
 Elettra, 187  
 Elettroni, 34, 36  
 Elio, 34, 36, 37, 38  
 Ellittiche, galassie, 238, 239, 240  
 Ercole, ammasso di galassie, 267  
 Ercole, costellazione, 189  
 $\alpha_2$  Eridani B, 110  
 Eros, 74  
 Eta di Cassiopea, stella, 107  
 Europa, 88  
 European Southern Observatory, 317  
 Evoluzione stellare, 176  
 Extragalattiche, stelle, 271

Fechner, legge di, 118  
 Fermi, energia di, 157  
 Fermi, gas di, 111

Ferro, 203  
*Flare* stellari, 168  
 Fondo, radiazione di, 299, 300  
 Formaldeide, 206, 218  
 Formammide, 207  
 Fornello chimico, costellazione, 241  
 Fotosfera, 16, 17, 20, 21, 30, 40  
 Fusione, processi, 39

Galassia, 198, 199, 200, 227, 331, 332, 333  
 Galassia, bulbo, 218, 220  
 Galassia, centro, 214  
 Galassia, massa, 213  
 Galassia, struttura, 199, 216  
 Galassie, spettri, 276, 277  
 Galassie di Seyfert, nuclei, 287  
 Galattica, rotazione, 208, 209, 211  
 Galattico, alone, 199  
 Galattico, disco, 199, 217  
 Galattico, piano, 210  
 Galattico, polo nord, 210  
 Ganimede, 88, 91  
 Gas intergalattico, nubi, 273  
 Giove, 76  
 Giove, atmosfera, 78  
 Giove, campo magnetico, 79  
 Giove, macchia rossa, 76, 77, 78  
 Giunone, 73, 74  
 Globulari, ammassi, 200, 210, 212  
 Grande esplosione (*big bang*), 296  
 Gravitazionale, contrazione, 39  
 Gruppi di galassie, 261  
 Gruppo, parallassi, 309

H $\alpha$ , riga, 24, 25, 171, 253, 260  
 HD 47129, sistema binario, 108  
 h e  $\chi$  Persei, ammassi, 186  
 Halley, cometa, 90, 92  
 Harvard, Osservatorio, 240  
 Harvard, Università, 204  
 Hellas, bacino, 64  
 Herbig-Haro 2, oggetto, 175, 176  
 Hermes, 75  
 Hertzsprung-Russell, diagramma di, 119, 120, 121, 124, 173, 174, 175, 192, 193, 194  
 Hidalgo, 75  
 Hubble, costante, 276, 278  
 Hubble, legge, 276, 278, 283

Iadi, ammasso, 187  
 IC 10, galassia, 329  
 IC 342, galassia, 329  
 Icaro, 75  
 Idrogeno, 34, 36, 37, 38  
 Idrogeno, bomba, 38

Idrogeno ionizzato, 204  
 Idrogeno neutro, bracci, 217  
 Idrogeno neutro, disco, 218  
 Idrogeno neutro interstellare, 202, 203, 218  
 Idrogeno pesante, 34, 36, 38  
 Ikeya-Seki, cometa, 97  
*Index Catalogue*, 318  
 Infrarossa, radiazione, 220  
 Infrarosse, stelle, 206, 219  
 Interagenti, galassie, 262  
 Intergalattica, polvere, 272  
 Intergalattici, ponti, 271  
 Intergalattico, spazio, 270  
 Interstellari, molecole, 207  
 Io, 88  
 Isotopi, 34, 37, 38

Keplero, II legge, 212  
 Keplero, III legge, 105, 107, 129, 209, 213

L 726-8, stella, 169  
 Leone, costellazione, 241  
 Leyden, Osservatorio, 73  
 LGM (*little green men*), 153  
 Lick, Osservatorio, 175  
 Lira, costellazione, 189  
 Litio, 34, 35, 36, 37, 38  
 Litio, berillio e boro, reazioni, 37, 38  
 Locale, sistema di galassie, 268, 327  
 Luce, velocità, 35  
 Luna, 11, 12  
 Luna, conquista, 302  
 Lunae Planum, 63  
 Luyten 726-8B, stella, 108  
 $\beta$  Lyrae, curva di luce, 136, 137  
 $\beta$  Lyrae, stella, 135

M 13, ammasso, 189, 190, 191, 194, 195  
 M 20, nebulosa (Trifida), 164  
 M 31, velocità radiale, 276  
 M 33, galassia, 329  
 M 42, nebulosa, 167, 172, 179, 180  
 M 51, galassia, 261  
 M 67, ammasso, 187  
 M 81, galassia, 253  
 M 82, galassia, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 260  
 M 84, galassia, 248  
 M 87, galassia, 248, 249, 250, 251, 252, 254, 258, 260  
 M 101, galassia, 236  
 Maffei, galassie, 320, 321  
 Maffei 1, galassia, 324, 325  
 Maffei 2, galassia, 325  
 Maffei, gruppo, 329

Magellano, Nubi, 222, 224, 230, 231  
 Maia, 187  
 Mariner 4, 71  
 Mariner 6, 60  
 Mariner 7, 60  
 Mariner 9, 66, 88  
 Mariner 10, 44, 45, 48, 50, 51  
 Marte, 56  
 Marte, anno, 60  
 Marte, atmosfera, 59, 66, 68, 69  
 Marte, calotte polari, 66, 67  
 Marte, mappe, 56, 57, 58, 59  
 Marte, satelliti, 71  
 Marte, temperatura, 69  
 Marte, vita su, 330, 331, 332, 333, 334  
 Marte, vulcani, 62  
 Maser interstellare, 205  
 Massachusetts Institute of Technology, 204  
 Mauna Loa, vulcano, 61  
 Mercurio, 42, 43  
 Mercurio, campo magnetico, 45  
 Mercurio, crateri, 44  
 Mercurio, rotazione, 43  
 Mercurio, suolo, 47  
 Mercurio, temperatura, 45, 48  
 Merope, 187  
 Metilamina, 207  
 Mira Ceti, 138, 139, 142  
 Mizar, 103  
 Mizar, spettri, 130  
 Molecolari, bande, 117  
 Monte Elysium, 62  
 Monte Olympus, 61, 64  
 Moti propri, 185  
 Mount Palomar, atlante fotografico, 241  
 Mount Palomar, Osservatorio, 73  
 Mount Palomar, telescopio da 5 m, 233  
 Mount Palomar, telescopio Schmidt, 243, 248  
 Mount Wilson, Osservatorio, 168  
 Mount Wilson, telescopio da 2,5 m, 241

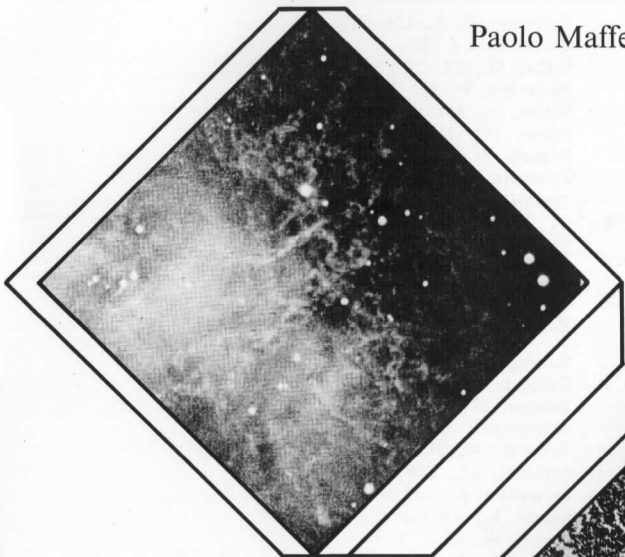
Nançay, radiotelescopio, 326  
 Nane, galassie, 240  
 Nane bianche, 153  
 Nebulosa del Granchio (Crab Nebula), 150, 151, 152, 153, 157, 158  
 Nebulose, 161  
 Nettuno, 83, 84  
 Neutroni, 34, 36  
*New General Catalogue*, 318  
 NGC 205, galassia, 235  
 NGC 221 (M 32), galassia, 235  
 NGC 404, galassia, 329  
 NGC 457, ammasso, 188  
 NGC 891, galassia, 237  
 NGC 1275, galassia, 258, 259, 260

- NGC 1569, galassia, 329  
 NGC 1977, nebulosa, 181  
 NGC 2023-2024, nebulose, 181  
 NGC 4438, galassia, 248  
 NGC 5432, galassia, 263  
 NGC 5435, galassia, 263  
 Nix Olympica, 61  
 Noachis, regione, 64  
 Nova Herculis 1934, 144  
 Nova Persei 1901, 147  
 Nova Serpentis 1970, 148  
 Novae, 145  
 Nube Maggiore di Magellano, 224, 226, 273  
 Nube Minore di Magellano, 223, 224  
 Nucleari, bombe, 35  
 Nucleari, reazioni, 36, 37  
 Nucleo, 34, 36
- OA0-2, 149  
 OH 471, quasar, 283  
 OH, radicale, 204, 218  
 OH, zone, 205, 218  
 Olbers, paradosso, 290  
 Ombra, 17  
 OQ 172, quasar, 283  
 Orione, associazione, 173, 178  
 Orione, nebulosa, 162, 163, 165, 166, 172, 180, 182, 201  
 $\delta$  Orionis, stella, 203  
 $\nu$  Orionis, stella, 161, 173, 179, 181  
 Orsa Maggiore, costellazione, 168  
 Orsa Maggiore-Giraffa, sistema, 327, 329  
 Orsa Minore, costellazione, 241  
 Ossido di carbonio, 206  
 Ossigeno, 36, 37
- Palermo, Osservatorio, 73  
 Pallade, 73, 74  
 Parallaxe, 107  
 Parallaxe annua, 307  
 parsec, 309  
 Penombra, 17  
 Perfetto, cosmologico principio, 294  
 Periodo-luminosità, relazione, 144, 229  
 Perseo, costellazione, 101  
 Perseus A, radiosorgente, 259  
 Phobos, 88, 89  
 Pianetini, 71  
 Pickering, catalogo, 311  
 Pino Torinese, Osservatorio, 145  
 Pioneer 10, 78  
 Pioneer 11, 78  
 Plaskett, stella di, 108  
 Pleiadi, 183, 184, 185, 186  
 Pleiadi, nebulosa, 165  
 Plutone, 84
- Plutone, atmosfera, 86  
 Plutone, massa, 85  
 Pogson, catalogo, 311  
 Popolazione I, stelle, 194, 213, 218  
 Popolazione II, stelle, 194, 213, 218  
 Potassio, 203  
 Praesepe, ammasso, 187  
 Procione, 101, 123  
 Procione B, 110, 123, 125  
 Protoni, 34, 36, 38  
 Protostelle, 206  
 Proxima del Centauro, 111, 113, 169  
 Pulkovo, Osservatorio, 106  
 Pulsar, 153, 154
- QSG (*quasi stellar galaxies*), 285  
 Quasar, 280, 286  
*Quasi stellar radio source*, 280
- R 76, stella, 225, 226  
 Radioastronomia, 201  
 Relatività generale, teoria, 290  
 Rigel, 101  
 Rosette Nebula, 163  
 RR Lyrae, cefeidi tipo, 143, 200, 241, 272  
 RW Tauri, stella, 134
- Sagittario, regione, 197  
 Sagittarius A, radiosorgente, 219, 220  
 Sagittarius B2, nube, 206  
 Satelliti, 88  
 Saturno, 79  
 Saturno, anelli, 80, 81  
 Scultore, costellazione, 241  
 Secolari, parallassi, 309  
 Seyfert, galassie, 256, 257, 258, 260  
 Sfera di fuoco, 298  
 Sincrotrone, radiazione, 252  
 Sirio, 108, 109, 119, 123, 125  
 Sirio, spettro di, 117  
 Sirio B, 108, 109, 110, 111  
 Società Astronomica del Pacifico, 323  
 Solare, corona, 21, 23, 30, 39, 40  
 Solare, energia, 12, 13, 31, 32  
 Solare, granulazione, 16  
 Solare, sistema, 42  
 Solari, campi magnetici, 30  
 Solari, *flare* (brillamenti), 27, 28, 30  
 Solari, macchie, 15, 17, 18, 19, 27, 30  
 Solari, pori, 16  
 Solari, protuberanze, 23, 24, 27, 30  
 Sole, 12 e segg., 101, 118, 119, 123, 124  
 Sole, diametro, 14  
 Sole, temperatura superficiale, 14  
 Spazio, curvatura, 291
- Specie, estinzione delle, 160  
 Spettrali, tipi, 116  
 Spettroscopiche, parallassi, 310  
 Spirali, galassie, 238, 239, 240  
 Spostamento verso il rosso (*red shift*), 277, 278, 283  
 Sproul, Osservatorio, 112  
 Stein 2051, stella, 123  
 Stella collassata, 155  
 Stella di Barnard, 113, 123, 185, 186  
 Stellari, distanze, 307  
 Stelle a bassa velocità, 212  
 Stelle ad alta velocità, 212  
 Stelle a neutroni, 153, 156  
 Stelle doppie, 103  
 Stelle doppie a eclisse, 127, 128, 129, 130  
 Stelle doppie fotometriche, 131  
 Stelle doppie spettroscopiche, 132  
 Stelle multiple, 111  
 Stelle pulsanti, 138  
 Stelle pulsanti bianche, 141  
 Stelle variabili, 126, 311  
 Stephan, quintetto, 264  
*Stratoscope*, osservazioni, 18  
 Supernovae, 149, 153  
 Supernovae, effetti biologici, 159
- Tago-Sato-Kosaka, cometa, 95  
 Taigeta, 187  
 Tarantola, nebulosa, 225, 273  
 Termonucleari, reazioni, 38, 39, 40  
 Terra, 55, 56, 331  
 Testa di Cavallo, nebulosa, 165, 181  
 Tharsis, regione, 61, 62  
 'The Astrophysical Journal', 286  
 Tipo I, supernovae, 158  
 Tipo II, supernovae, 158  
 Titanio, 203  
 Titano, 88, 91  
 T Orionis, stella, 168  
 Tritone, 88  
 Trizio, 34  
 47 Tucanae, ammasso, 223  
 Tucson, Osservatorio, 169
- Uhuru, satellite, 219, 260  
 Unità astronomica, 103
- Universo, espansione, 279, 292  
 Universo, età, 297  
 Universo, vita nell', 330  
 Universo stazionario, teoria, 296  
 Uranio, 34  
 Uranio, fissione, 38  
 Urano, 81, 82  
 Urano, atmosfera, 82  
 USA, Osservatorio Navale, 84  
 UV Ceti, stella, 108, 169, 172  
 UX Monocerotis, stella, 134
- Valles Marineris, 64  
 Vapore acqueo, 206, 218  
 Venere 5, 51  
 Venere 6, 51  
 Venere 8, 50, 54  
 Venere 9, 52, 54  
 Venere 10, 52, 54  
 Venere, 48, 331  
 Venere, atmosfera, 49, 50, 53, 54  
 Venere, diametro, 50  
 Venere, fasi, 48  
 Venere, nubi, 51  
 Venere, rotazione, 48  
 Venere, suolo, 54  
 Vergine, ammasso di galassie, 265, 266  
 Vesta, 73, 74  
 Via Lattea, 100, 180, 197, 215  
 Viking, sonde, 67, 330  
 Viking 1, 67, 68, 69  
 Viking 2, 70  
 VV Cephei, stella, 122, 135
- W 3, radiosorgente, 205  
 W 49, nube, 206  
 Westerbork, radiotelescopio, 326  
 Wien, legge di, 115  
 Wolf, numero di, 31  
 Wolf 630, stella, 107
- X raggi, sorgenti celesti, 250  
 X raggi delle supernovae
- Zwicky, catalogo di galassie, 268, 269, 270

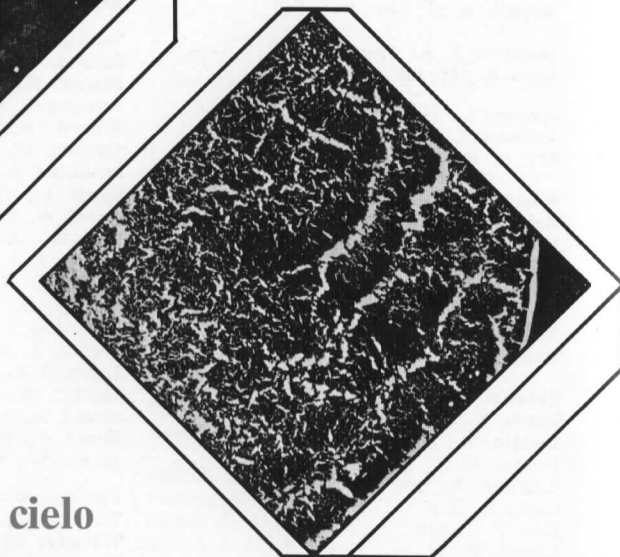
## Indice dei nomi

- Abell, G., 266, 268, 271  
 Adams, W. S., 108  
 Aitken, R. G., 104, 140  
 Ambartsumian, V. A., 173, 177  
 Anderson, J. D., 79  
 Argelander, F., 311, 314, 317  
 Arp, H. C., 234, 242, 244, 262  
 Atkinson, R. d'E., 33
- Baade, W., 75, 153, 230, 233, 252  
 Babinet, J., 95  
 Bayer, J., 314  
 Becklin, E. E., 205  
 Becvar, A., 319  
 Bergh van den, S., 241, 268, 326  
 Bertola, F., 266  
 Bessel, F. W., 108, 307  
 Bond, W. C., 80  
 Bondi, H., 294, 295  
 Bos van den, W. H., 104  
 Bottinelli, L., 326  
 Brooker, A. A., 140  
 Burbidge, E. M., 259, 260  
 Burbidge, G. R., 252, 259, 281  
 Burnham, S. W., 104
- Cameron, A. G. W., 157, 333  
 Carr, M. H., 64  
 Cassini, G. D., 76  
 Castelli, B., 103  
 Colombo, G., 43  
 Copernico, N., 87, 179, 293, 307  
 Creti, D., 76
- Dembowski, E., 104
- Dent, W. A., 284  
 Dollfus, A., 80  
 Drake, F., 219  
 Drayer, J. L. E., 318
- Einstein, A., 290  
 Eliasson, B., 206  
 Eraclito, 275  
 Euclide, 290  
 Ewen, H. I., 202
- Fabricius, D., 311  
 Fechner, G. T., 118  
 Fermi, E., 111  
 Fernie, J. D., 235  
 Ford, W. K., 235
- Galileo, G., 81, 87, 179, 303, 307  
 Galle, J. G., 83  
 Gamow, G., 299  
 Gaposchkin, S., 135  
 Gasteyer, C., 111  
 Geisel, G. L., 148  
 Gold, T., 295  
 Goodricke, J., 135, 311  
 Grueff, G., 308  
 Guerin, P., 80
- Hall, A., 104  
 Halley, E., 92, 190, 316  
 Hardie, R. H., 85  
 Haro, G., 172, 176  
 Hartmann, J., 203  
 Haug, U., 329  
 Helmholtz, H. L., 32, 39
- Herbig, G. H., 176  
 Herschel, W., 82, 104, 190, 219, 293, 303  
 Hertzprung, E., 119  
 Hoffmeister, C., 225  
 Holden, E. S., 104  
 Honda, M., 148  
 Houtermans, G. F., 33  
 Hoyle, F., 281, 295  
 Hubbard, W. B., 79  
 Hubble, E. P., 233, 234, 238, 239, 258, 276  
 Hulst van de, H., 201, 202  
 Humason, M. L., 84, 276  
 Hussey, W. J., 104  
 Huygens, C., 80  
 Hyland, A. R., 148
- Innes, R. T. A., 104  
 Ipparco, 145, 318
- Janssen, L., 16  
 Jonckheere, R., 104  
 Joy, A. H., 140
- Kamp van de, P., 113  
 Kelvin, W. Thomson, 32, 39  
 Kinman, T. D., 285  
 Kleinman, D. E., 148  
 Kohoutek, L., 329  
 Kozyrev, K. A., 44  
 Kuiper, G. P., 84  
 Kukarkin, B. V., 312
- Lacchini, G. B., 168  
 Lamla, E., 285  
 Landau, R., 324  
 Leavitt, H. S., 223  
 Leighton, R., 206  
 Love, R., 328  
 Low, F. J., 148  
 Lowell, P., 84  
 Lundmark, K., 152  
 Luyten, W. J., 108  
 Lynds, R. C., 253, 259
- Maanen van, A., 168, 169  
 Marsden, B. G., 97  
 Méchain, P., 318  
 Messier, C., 151, 190, 318  
 Minkowski, R. L., 176, 259  
 Morgan, W. W., 201, 267  
 Moriyama, F., 97  
 Mottoni y Palacios, G. de, 56
- Neugebauer, G., 148, 205, 206  
 Newton, I., 290, 303  
 Nux de la, 318
- Olbers, W., 73, 290  
 Oort, J. H., 326
- Parentago, P. P., 176, 312  
 Peery, B. F., 122  
 Piazzini, G., 73  
 Pickering, W. H., 311  
 Pigott, E., 311  
 Plinio, 145, 316  
 Pogson, N. M., 311  
 Pritchett, H. S., 76  
 Purcell, E. M., 202
- Raimond, E., 206  
 Rosch, J., 16  
 Rosino, L., 172, 234  
 Rubin, V. C., 235  
 Russell, H. N., 119
- Sandage, A., 250, 253, 259, 282, 287, 297  
 Sargent, W. L. W., 273  
 Sawyer, H., 313  
 Schiaparelli, G., 61, 104  
 Schmidt, B., 317  
 Schmidt, M., 286  
 Schönfeld, E., 317  
 Searle, L., 273  
 Secchi, A., 23  
 Setti, G., 283  
 Sexton, J. A., 225  
 Seyfert, C. K., 256, 258  
 Shapley, H., 240, 241  
 Shklovskij, I. S., 158, 205, 252  
 Slipher, V. M., 279  
 Smith, H. J., 282  
 Spinrad, H., 324  
 Strand, H. A., 178  
 Struve, O., 104, 137  
 Struve, W., 104
- Tamman, G. A., 297  
 Terry, K. D., 158  
 Tolomeo, C., 316  
 Tombaugh, C., 84, 85  
 Trimble, V., 151  
 Tsuruta, S., 157  
 Tucker, W. H., 158
- Vaucouleurs de, G., 251, 268  
 Verrier Le, U., 83  
 Vetesnik, M., 234  
 Vorontsov-Velyaminov, B., 264
- Walker, M. F., 85, 149, 174, 176, 256  
 Walpole, H., 320  
 Westerlund, B. E., 226, 227  
 Wills, D., 267  
 Wirtanen, C. A., 285  
 Wolf, K., 73  
 Woltjer, L., 283
- Zwicky, F., 153, 243, 263, 268, 269, 270, 272, 273

Paolo Maffei



## Al di là della Luna



## I mostri del cielo

In questo trittico Paolo Maffei guida il lettore in una serie di viaggi straordinari. *Al di là della Luna* è un viaggio nello spazio, dal sistema solare alle più remote distanze accessibili all'esplorazione e al pensiero: non è un trattato di astronomia, anche se ne riporta alcuni

dei progressi più recenti, ma sfrutta tutte le conoscenze astronomiche acquisite per descrivere i corpi celesti quali apparirebbero a un astronauta che entrasse nelle profondità dello spazio. *I mostri del cielo* è un viaggio alla ricerca dei fenomeni straordinari dell'universo:



## L'universo nel tempo

comete, buchi neri, ammassi di galassie, quasar sono mostri reali, ma nel cielo sono nascosti anche 'fantasmi', pianeti e altri corpi che 'dovrebbero' esserci secondo i calcoli degli astronomi teorici, ma che nessuno è ancora riuscito a scoprire. *L'universo nel tempo* è un viaggio attraverso l'evoluzione ininterrotta del cosmo, dal big bang iniziale al futuro dell'universo, e in cui l'evoluzione biologica sul nostro pianeta, fino all'apparizione dell'uomo, rappresenta solo un curioso episodio. Paolo Maffei è docente di astrofisica all'Università di

Perugia. Ammiratore della natura sotto il duplice aspetto della bellezza e del mistero, si è sempre dedicato con entusiasmo alla divulgazione attraverso le riviste specializzate, la stampa quotidiana e periodica, la radio e la televisione.

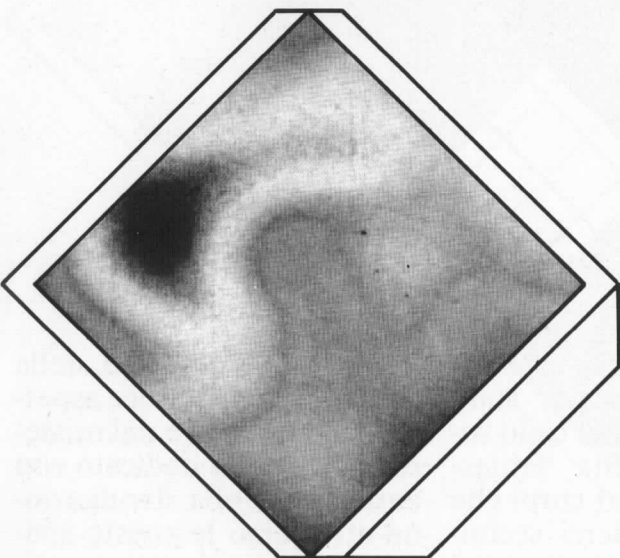


Biblioteca  
della EST

Edizioni  
Scientifiche e Tecniche  
Mondadori

Margherita Hack

## L'universo violento della radioastronomia



Dalla scoperta quasi casuale di onde radio provenienti dallo spazio sono passati cinquant'anni e da questo mezzo secolo di ricerche emerge una nuova immagine dell'universo. I radiotelescopi 'vedono' non solo più lontano, ma anche dettagli più fini dei telescopi ottici e accanto alle tecniche radio si sono sviluppati elaboratori elettronici capaci di interpretare le com-

plesse informazioni dei radiotelescopi. Questi progressi strumentali e osservativi consentono nuove conoscenze sul Sole e il sistema solare, sulla Via Lattea e quei sistemi di stelle e materia interstellare chiamati galassie. Inoltre le osservazioni radioastronomiche possono fornire risposte a quesiti di natura cosmologica riguardanti l'origine e l'evoluzione dell'universo.

Questo volume, abbastanza semplice da essere accessibile ai non specialisti, ma abbastanza rigoroso da essere utile anche a studiosi non specializzati, offre, oltre a un quadro aggiornato di radioastronomia, un riepilogo delle attuali conoscenze sul nostro universo raccolte con tutti i mezzi che lo stato attuale della scienza ci mette a disposizione.

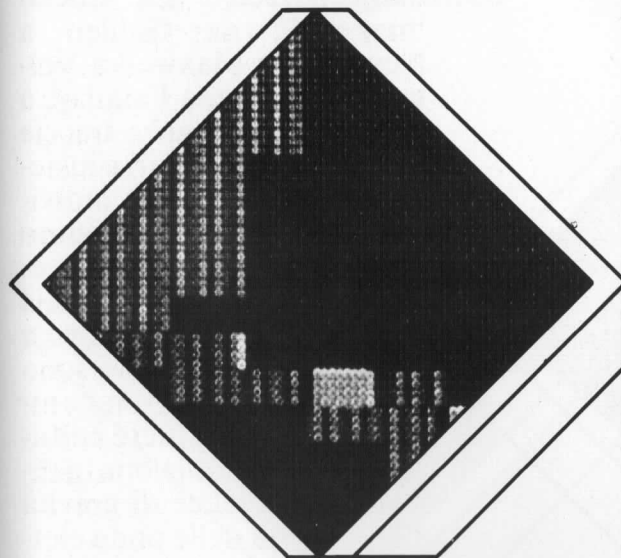


Biblioteca  
della EST

Edizioni  
Scientifiche e Tecniche  
Mondadori

Ezio Bussoletti  
Francesco Melchiorri

## Astronomia infrarossa una nuova rappresentazione del cosmo



Il cielo appare diverso a seconda degli occhi che l'osservano, cioè a seconda degli strumenti che vengono impiegati, sensibili a zone differenti dello spettro elettromagnetico. Ciò permette di associare le astronomie fuori del visibile a differenti momenti della vita dei corpi celesti. L'astronomia infrarossa si occupa del debole calore emanato dalle grandi distese

di polvere interstellare: enormi quantità di materia che lentamente collassa a formare embrioni di stelle, le protostelle, e che si dipana nel cielo sfuggendo da stelle morenti. L'intero cosmo è immerso in un 'bagno' di luce infrarossa la cui origine risale all'esplosione iniziale quando il mondo nacque. Questo libro, scritto da due protagonisti delle ricerche nell'infrarosso, vuole dare una visione organica di questa astronomia fuori dal visibile. Gli autori conducono il lettore lungo un itinerario che muove dal sistema solare fino ai remotissimi quasar e oltre ancora, allontanandosi nello spazio per risalire nel tempo. Tracciare una mappa dell'universo primordiale e individuare le protostrutture che brillarono all'origine del mondo è il proposito di questi archeologi del cosmo.



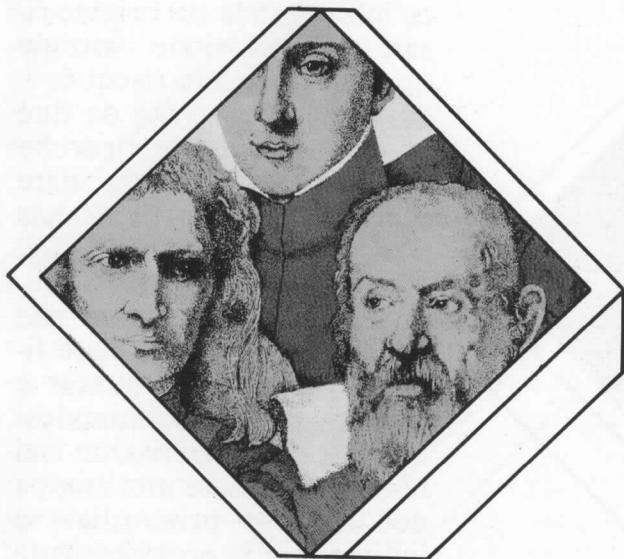
Biblioteca  
della EST

Edizioni  
Scientifiche e Tecniche  
Mondadori

Emilio Segrè  
premio Nobel

Dalla caduta dei gravi  
alle onde elettromagnetiche

## Personaggi e scoperte nella fisica classica



«Poiché ho trascorso gran parte della mia vita come ricercatore e ho osservato da vicino molti scienziati tra i maggiori di questo secolo, conosco, per così dire di prima mano, le difficoltà e i successi che sono tipici di quanti fanno ricerca in campo fisico: ciò ha aiutato, spero, a capire coloro che figurano in questo libro; in molti casi ho quasi avuto la sensazione di averli conosciuti

personalmente». Così Emilio Segrè, premio Nobel per la fisica 1959, introduce questa sua opera in cui risale il cammino della storia per rispondere, da fisico, alla domanda dantesca 'Chi fur li maggior tui?'. Di questi 'maggiori', da Galileo a Newton, da Maxwell a Volta, ad Ampère, a Faraday, a Helmholtz, Segrè traccia profili quasi familiari e insieme rivela le strategie individuali di ricerca che hanno consentito a ciascuno di esplorare nuovi aspetti della struttura del mondo fisico e le conseguenze che ne sono derivate entro i diversi ambienti storici, politici e culturali. Dalla definizione galileiana della legge di gravità alla scoperta delle onde elettromagnetiche, Segrè ci consente di capire come il metodo sperimentale costituisca il punto di partenza della trasformazione tecnologica del mondo contemporaneo.



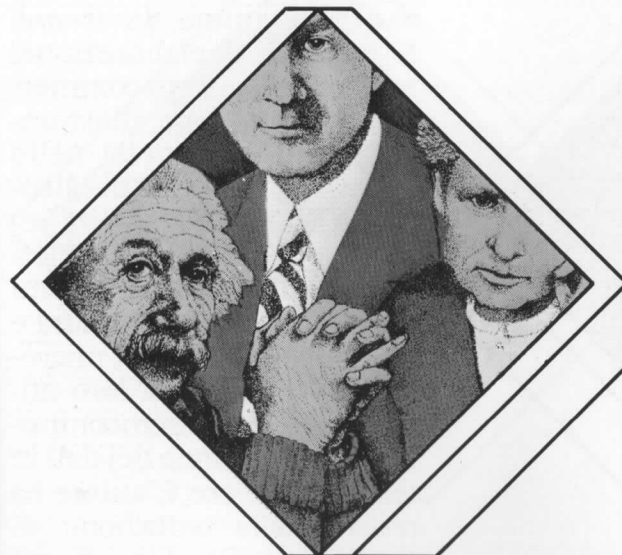
Biblioteca  
della EST

Edizioni  
Scientifiche e Tecniche  
Mondadori

Emilio Segrè  
premio Nobel

Dai raggi X ai quark

## Personaggi e scoperte nella fisica contemporanea



Con questo libro Emilio Segrè ha voluto raccontare agli amici e alle generazioni più giovani fatti e giudizi raccolti nel corso di un'intera vita dedicata alla fisica: un periodo che ha visto un eccezionale ampliamento della nostra conoscenza del mondo fisico e che quindi ha un interesse generale per la cultura contemporanea. Conoscere il mondo dei fisici vuol

dire non solo conoscere le idee e i fatti che hanno rivoluzionato la nostra concezione del mondo materiale, ma anche i lati umani di questa rivoluzione, la personalità dei ricercatori e il susseguirsi, spesso drammatico, degli eventi. Segrè è stato fra i protagonisti delle ricerche che portarono alla scoperta della scissione del nucleo, a quella dei primi elementi transuranici, alla creazione in laboratorio dell'antimateria e ci racconta il cammino percorso dalla fisica, dalla scoperta dei raggi X ai quark, con il metodo dello scienziato e la passione del narratore partecipante. *Personaggi e scoperte nella fisica contemporanea* ha ottenuto e continua a ottenere un largo successo internazionale: all'edizione italiana sono seguite le traduzioni in lingua inglese, tedesca, francese, spagnola e giapponese e altre sono in corso di stampa.



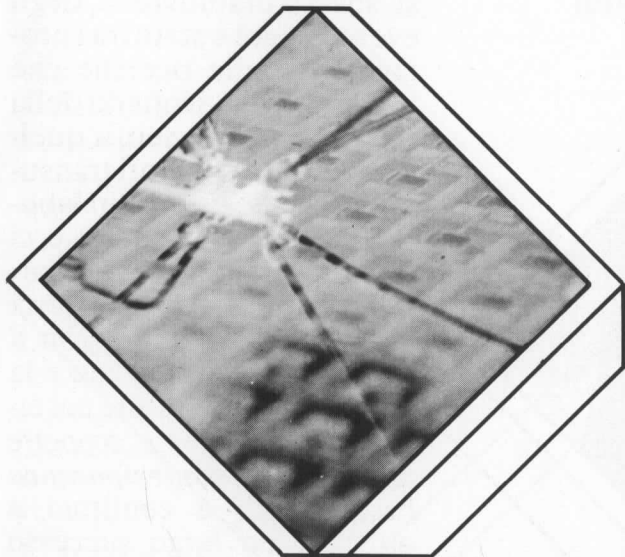
Biblioteca  
della EST

Edizioni  
Scientifiche e Tecniche  
Mondadori



Keith London

## Introduzione agli elaboratori elettronici



I primi anni Ottanta rappresentano il momento più significativo per lo sviluppo e l'utilizzazione degli elaboratori elettronici da quando questi sono nati circa quarant'anni or sono. La capacità di elaborare enormi quantità di dati in tempi brevissimi, la rapida riduzione dei costi, la diffusione di una società informatizzata, ne assicurano il successo. Restava da sfatare il mito della difficoltà dei linguaggi per 'parlare' all'elaboratore. Questo

libro, è stato scritto per dimostrare che basta conoscere l'aritmetica, sulle cui logiche si basa la programmazione del calcolo elettronico, per poter usare gli elaboratori. Partendo da semplici tecniche di calcolo numerico, l'autore introduce il concetto di programma, il *software*, le tecniche di elaborazione, le loro applicazioni commerciali e scientifiche, illustrando anche i progressi nello sviluppo delle unità di calcolo e memoria, l'*hardware*, resi possibili dalla microelettronica, fino alle più recenti acquisizioni sulla struttura e il funzionamento dei microcircuiti al silicio, la loro utilizzazione nei microcomputer, l'elaborazione dei dati in tempo reale, ecc. L'autore ha resistito alla tentazione di guardare nella sfera di cristallo per prevedere le implicazioni sociologiche a lungo termine della computerizzazione di massa, ma ne indica con chiarezza le linee di sviluppo negli anni Ottanta.

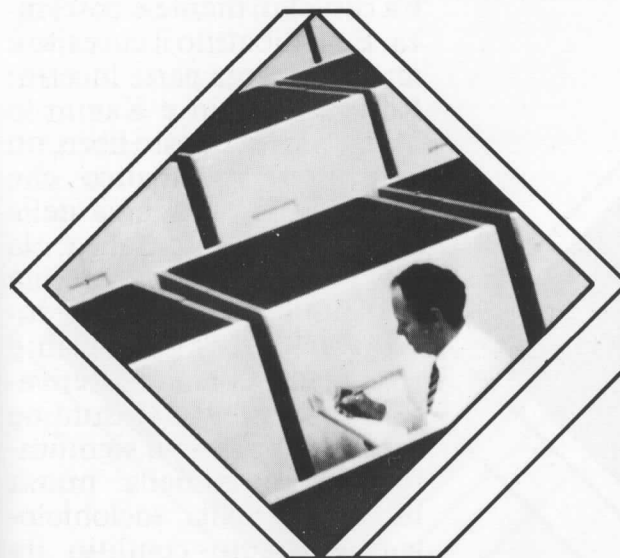


Biblioteca  
della EST

Edizioni  
Scientifiche e Tecniche  
Mondadori

Hiroshi Inose  
John R. Pierce

## Tecnologia dell'informazione e nuova cultura



Le tradizionali tecnologie dell'informazione - la stampa e la fotografia, il telefono e la radio, il cinema e la televisione - si stanno fondendo in un'unica nuova tecnologia elettronica al servizio del testo e dell'immagine, dei dati numerici e delle rappresentazioni grafiche, per elaborare, trasmettere, archiviare e reperire informazioni; questa nuova tecnologia induce trasformazioni nella vita individuale di ciascuno e nella società contempora-

nea nel suo complesso promuovendo comunità di interessi su scala globale e suscitando nuove forme di cultura, di arte e letteratura. Gli autori di questo rapporto al Club di Roma indagano le modalità e le forme di questo processo: le trasformazioni della struttura industriale indotta da nuovi livelli di automazione e robotizzazione; le conseguenze che ne derivano per i livelli occupazionali e la loro qualità; i progressi nelle infrastrutture sociali, quali i trasporti, il servizio sanitario e così via. Nel rapporto sono affrontati anche i problemi che si definiscono 'perversi' della tecnologia dell'informazione: le minacce della privacy individuale; l'uso improprio delle banche di dati; gli interventi politici di governi autoritari. Tutto ciò trasforma rapidamente il mondo e di pari passo trasforma la nostra vita: è indispensabile conoscerne le cause e le prospettive.



Biblioteca  
della EST

Edizioni  
Scientifiche e Tecniche  
Mondadori

Steven Rose,  
Richard Lewontin, Leon Kamin

**Biologia, ideologia  
e natura umana**

**IL GENE  
e la sua mente**



La ricerca scientifica oggi affronta temi che nel corso dei secoli furono fondamento di ogni speculazione filosofica e di ogni concezione religiosa. *Da dove veniamo?* è la domanda cui ora tentano di dare risposta l'astrofisica, la cosmologia o la paleontologia. *Dove andiamo?* si propongono di esplorare i modelli econometrici e gli sce-

nari del futuro. Ma *Chi siamo?* resta il quesito fondamentale. Come pensiamo, quali sono i rapporti fra l'evoluzione biologica e la storia umana, fra natura e cultura, fra geni e comportamento, fra cervello, mente e coscienza. È un dibattito il cui esito è ancora in larga parte incerto: Rose, Lewontin e Kamin lo affrontano in questo libro, un contributo sistematico che illustra una vasta area della scienza contemporanea: la misurabilità e l'ereditabilità dell'intelligenza; le differenze sessuali, quelle razziali e le concezioni che ne derivano; l'ordine e il disordine mentali e sociali; il significato ideologico della nuova biologia e della sociobiologia; l'insoluto conflitto fra predeterminazione e libertà. Un libro che potrà aprire una nuova fase di lavoro nelle indagini sulla natura umana.



**Biblioteca  
della EST**

**Edizioni  
Scientifiche e Tecniche  
Mondadori**

Paolo Pancheri

**Stress, emozioni  
malattia**

**introduzione  
alla medicina psicosomatica**



La psicosomatica nel continuo tentativo di chiarire i rapporti elusivi fra il corpo e la mente, il somatico e lo psichico, ha stabilito relazioni fra vissuti/comportamenti alterazioni biologiche/malattia pur senza riuscire a spiegare i loro comuni determinanti. Negli ultimi anni, lo sviluppo della psiconeuroendocrinologia ha consentito per la

prima volta, di intravedere una soluzione per questo problema di base della psicosomatica.

*Stress, emozioni, malattia* illustra una filosofia interpretativa basata sul concetto di stress che dal tempo intercorso dalla prima edizione dell'opera - accolta con eccellente successo in Italia e all'estero - è divenuta di uso corrente per il medico, lo psichiatra, lo psicologo, l'educatore che affrontano il problema psicosomatico a livello clinico o di ricerca.

La seconda edizione è arricchita da un ampio capitolo sulle più recenti scoperte nel campo dei polipeptidi visti come trasduttori psicosomatici in conseguenza della loro doppia rappresentazione a livello del sistema nervoso centrale e periferico, con azione integrata su comportamento e metabolismo: ciò permette di suggerire possibilità terapeutiche fino a qualche tempo fa solo confusamente delineate.



**Biblioteca  
della EST**

**Edizioni  
Scientifiche e Tecniche  
Mondadori**

(VR) 3145  
PAOLO MAFFEI  
AL DI LA' DELLA  
LUNA  
9a Ed. BIBL. EST  
MONDADORI

QUESTO VOLUME È STATO IMPRESSO  
NEL MESE DI OTTOBRE DELL'ANNO MCMLXXXIV  
PRESSO LE ARTI GRAFICHE  
DELLE VENEZIE DI VICENZA  
GRUPPO MONDADORI



STAMPATO IN ITALIA - PRINTED IN ITALY

best



**Paolo Maffei**

È professore ordinario di Astrofisica all'Università di Perugia. Dopo la laurea, conseguita a Firenze, ha lavorato negli osservatori di Arcetri, Bologna, Asiago, Amburgo e Cata-

nia, dedicandosi soprattutto a ricerche di carattere osservativo, dapprima sul Sole, poi su comete, nebulose e stelle variabili. Si è dedicato anche a ricerche di carattere storico: sulla storia della car-

tografia lunare, sull'ultimo conflitto per l'affermazione del sistema copernicano e ad altre, in parte inedite. Dal 1963 al 1975 ha svolto attività di ricerca didattica presso l'Università di Roma. È stato uno dei primi astronomi a dedicarsi alle osservazioni nel vicino infrarosso, attraverso le quali scopri due galassie che oggi portano il suo nome. Si dedica ora a ricerche connesse con l'evoluzione delle stelle e allo studio delle stelle variabili nell'infrarosso. Appartiene a due gruppi internazionali: per lo studio del cielo dallo Spacelab e per quello della cometa di Halley. Ammiratore della natura sotto il duplice aspetto della bellezza e del mistero, si è sempre dedicato con entusiasmo alla divulgazione attraverso le riviste specializzate, la stampa quotidiana e periodica, la radio e la televisione.

«È un libro di straordinario interesse culturale e di divulgazione scientifica che può essere letto con profitto dall'iniziato e dal profano, avendo tutti da imparare di noto e di non noto, dalle conoscenze del passato a quelle recentissime, fino alle galassie Maffei, dall'Autore stesso scoperte.»

**L'Osservatore romano**

«Paolo Maffei appartiene a quell'esiguo numero di scienziati che sanno par-

tecipare gli entusiasmi e i problemi relativi al proprio campo di ricerche anche a persone completamente prive di nozioni specialistiche del ramo.»

**Civiltà delle macchine**

«Maffei rivela una prosa felicissima, ricca, davvero insolita in uno scienziato.»

**Oggi**

«Maffei riesce a convincerci dell'importanza dell'astronomia nella cultura umana moderna e del

fascino della ricerca scientifica in questo dominio.»

**La Civiltà cattolica**

«... il modello ineguagliabile resta a tutt'oggi l'ormai famoso *Al di là della Luna* del grande astronomo Paolo Maffei.»

**Tuttolibri**

«Paolo Maffei ci presenta un testo che ha due pregi: è aggiornato alle più recenti ricerche e scoperte, e si legge scorrevolmente come un racconto.»

**L'Europeo**

0024126-5



L 24.000 (IVA comp.)