

Margherita Hack

Le stelle

Esistono i buchi neri?
Gli scienziati, abituati alle ipotesi
e teorie più rivoluzionarie,
che nel nostro secolo si sono
susseguite con una frequenza
e con conseguenze mai prima conosciute
nella storia della ricerca scientifica,
aspettano il verdetto dell'osservazione
e dell'esperienza.
Intanto, sono divisi.

Margherita Hack

Le stelle

scienza
express
Scintille

Una vita intensa e in prima persona che merita di essere conosciuta. Una visione serena e consapevole del futuro che ci aspetta. L'eredità scientifica e culturale di una protagonista del Novecento.

TRATTO DA

Margherita Hack, Serena Gradari, Fabio Pagan
IO PENSO CHE DOMANI

© Scienza Express edizioni, Trieste
Prima edizione in *narrazioni* settembre 2013

ISBN 978-88-96973-44-8

Le stelle

Il romanzo dei buchi neri¹

Esistono i buchi neri? È da almeno una decina d'anni che si seguita a parlare, anche a livello giornalistico, di quest'ultima e più sensazionale meraviglia astronomica che sono i buchi neri: ma fino a oggi non se ne è scoperto con certezza nemmeno uno. C'è chi, preoccupato dell'irrazionalismo dilagante, si domanda perfino se questi oggetti non abbiano più a che fare con le scienze occulte che con la scienza sperimentale.

Gli scienziati, abituati alle ipotesi e teorie più rivoluzionarie, che nel nostro secolo si sono susseguite con una frequenza e con conseguenze mai prima conosciute nella storia della ricerca scientifica, aspettano il verdetto dell'osservazione e dell'esperienza. Intanto, sono divisi. Alcuni credono che prima o poi i buchi neri verranno riconosciuti, anche se ciò implicherà l'accettazione di quelle regioni al centro dei buchi neri dette singolarità, che non sappiamo bene cosa siano, tranne che in dette regioni le nostre leggi fisiche non sono più applicabili. Tuttavia, un po' come fanno i teologi quando ci parlano di Dio e dell'altro mondo spirituale, così i teorici dei buchi neri sono convinti di poter arguire almeno qualcosa su questi ultramondi materiali. E, infatti, descrivono varie specie di singolarità e di buchi neri, ne enumerano le caratteristiche, come quella cannibalesca di inghiottire tutto quanto gli passa a tiro, o di coalescere quando due o più buchi neri vengono a contatto: e non mancano di calcolare quanti buchi neri si potrebbero essere formati quasi all'inizio della creazione, dopo quella specie di "mamma delle singolarità" che fu il big bang,

¹ "Aliens", aprile 1980, anno 2, n. 6.

il grande scoppio che avrebbe dato origine all'universo. Molti di questi buchi neri primordiali, i mini buchi neri, sarebbero già scomparsi, "evaporati" in una esplosione di raggi gamma, mentre altri potrebbero esplodere oggi stesso davanti ai nostri occhi.

Gli avversari dei buchi neri sorridono e scuotono la testa. Essi ritengono che la natura eviti i casi estremi come i buchi neri e le singolarità, le quali sarebbero solo estrapolazioni fisico-matematiche di teorie valide fino a un certo limite. Secondo loro, i corpi che eccedono la massa e la densità di quelli che finiscono come stelle di neutroni, invece di crollare in un buco nero evitano questo destino perdendo massa: ossia esplodendo, frammentandosi, o in altri modi anche meno drammatici. E dove i loro colleghi indicano diversi oggetti celesti i cui fenomeni denuncerebbero la presenza di buchi neri, rispondono che questi stessi fenomeni necessitano di ulteriori osservazioni, oppure si spiegano in maniera più usuale se non più semplice. In ogni caso, suggeriscono saggiamente di non aver fretta per non incorrere in deludenti smentite, come è già ripetutamente successo. I primi ribattono: «La realtà del big bang, perciò di una estrema densità e temperatura iniziali dell'universo, e quindi di una singolarità, non è stata forse già dimostrata dalla radiazione isotropa a 3 gradi Kelvin fatta da Penzias e Wilson nel 1965? Eppoi, guardate: voi non credevate neppure all'esistenza delle stelle di neutroni, predette fin dal 1934 da Walter Baade e Fritz Zwicky, finché non vennero scoperte sotto forma di pulsar. Non potrebbe accadere la stessa cosa per i buchi neri, previsti da quasi due secoli, per non parlare delle ricerche di Landau e Oppenheimer? Come nel caso delle pulsar, anzi è probabile si rivelino con fenomeni diversi da quelli attesi, ma non vi sono ragioni sufficienti per negare la possibilità che esistano; semmai, è vero il contrario».

I secondi si stringono nelle spalle. Nella scienza fare i conservatori è forse meno piacevole e facile che in politica. Pensano che l'accordo non è generale sul significato della radiazione di fondo, e ancora meno sull'ipotesi della grande esplosione. Se Oppenheimer e altri avevano previsto i buchi neri, anche Eddington ne aveva considerato la possibilità, ma era così scettico da consigliare il giovane Chandrasekhar di abbandonare quel genere di studi già iniziati con tanto fervore. A parte questa divisione fra astronomi che credono nei buchi neri e coloro che ne dubitano – ma tuttavia si impegnano a cercarli – va però riconosciuto che l'idea stessa di buco nero sembra fra le più adatte a suscitare anche fra non pochi scienziati curiose reazioni psicologiche. Per esempio, Hermann Bondi, uno degli astrofisici e cosmologi che con Thomas Gold e Fred Hoyle hanno maggiormente contribuito a movimentare le ricerche cosmologiche degli ultimi trent'anni, almeno una volta si mostrò scandalizzato: «Questo giuoco a nascondino», disse Bondi, «questa massa che si chiude senza possibilità di comunicazione con l'esterno, che inghiotte tutto quanto le si avvicina come particelle e radiazione, questo intenso campo di radiazione senza causa, dato che non si può attribuire a nessun oggetto visibile, tutti questi aspetti sono altamente ripugnanti». È una dimostrazione, se occorre, dell'importanza dei gusti anche nella ricerca scientifica. Nel caso di Bondi si tratta di una ripugnanza che non provò quando, con i suddetti colleghi, escogitò l'ipotesi della creazione continua: la creazione dal nulla di tre o quattro protoni per chilometro cubo ogni anno, ritenuta bastevole a controbilanciare il vuoto lasciato fra gli ammassi galattici dall'espansione dell'universo, e quindi a mantenere un universo al contempo evolutivo e stazionario, senza principio né fine. Comunque, una quantità non controllabile sperimentalmente.

In ogni modo, se i buchi neri esistono davvero, non c'è dubbio che la loro realtà trascorra nel fantastico, come del resto l'ipotesi della creazione dell'universo dal big bang. E pone analoghi problemi. Senza parlare dei limiti della scienza in generale (che, a differenza dello scienziato, lo scienziato ammette, sia pure a malincuore), consideriamo quelli della nostra conoscenza in campo astronomico. Come abbiamo dei confini conoscitivi che, ovviamente, ci impediscono di sapere che cosa ci fosse prima di 15 o 20 miliardi d'anni-luce, dove la velocità di fuga delle galassie raggiunge quella della luce, così abbiamo nei buchi neri dei nuovi e (per definizione) insondabili limiti all'interno dell'universo medesimo. Insondabili, eppure, nonostante che siano scomparsi perché letteralmente usciti dal nostro mondo, capaci di varie interazioni con l'ambiente circostante, a causa del campo gravitazionale, che è l'unica cosa di loro che rimane a testimoniare. Infine, forse, tanto numerosi e massicci da risolvere il mistero della cosiddetta massa mancante. Ci riferiamo al fatto che la materia necessaria a tenere legati gravitazionalmente gli ammassi galattici e le galassie medesime è molto maggiore di quella che riusciamo a vedere. Però, se esistesse un numero sufficiente di buchi neri, questi risolverebbero il problema della massa mancante, compresa quella necessaria a un universo chiuso e in oscillazione: un'ipotesi che a molti sembra più consolante di quella di un universo aperto e in progressiva rarefazione.

Ma che cosa sono i buchi neri? Il termine è stato inventato dal fisico e cosmologo John A. Wheeler verso la metà degli anni Sessanta, e la più semplice definizione di buco nero è la seguente: «Una regione dello spazio dove crolla una stella, o più stelle, di massa superiore a tre o quattro masse solari, e dalla quale non può uscire più nulla: né luce, né materia, né informazione di alcun genere». A dire il vero, questa è la definizione classica, perché, come preciseremo, la faccenda è

un po' più complicata. Non abbiamo accennato da principio a dei buchi neri che evaporano? Ma andiamo per ordine. La vita e l'evoluzione delle stelle dipendono soprattutto dalla loro massa. Una stella più piccola del Sole o poco più grande (fino a 1,4 masse solari, detto limite di Chandrasekhar, dall'astronomo americano d'origine indiana che l'ha determinato) dopo varie fasi in cui si contrae e si espande, finisce come una nana bianca. Invece, una stella più pesante esplose come una supernova, scagliando nello spazio gran parte della sua massa; e, se quanto resta del suo nucleo è inferiore a due o tre masse solari, diventa una stella di neutroni. Si reputa che le nane bianche siano abbastanza numerose, ma sono difficili da individuare per la loro scarsa luminosità assoluta. A partire dalla compagna di Sirio, scoperta dall'americano Alvan Clark nel 1862, ne conosciamo oltre 250. Ma conosciamo anche più di 300 pulsar (acronimo di Pulsating Radio Sources). La prima venne individuata per caso da Jocelyn Bell, una studentessa allieva del radioastronomo Anthony Hewish, nel 1967. Le pulsar non sono altro che stelle di neutroni, che possiedono fortissimi campi magnetici, ruotano molto rapidamente ed emettono radioimpulsi con straordinaria regolarità ed energia. Mentre le nane bianche hanno le dimensioni d'un pianeta, le pulsar sono ancora più rinsecchite, potendo avere un diametro di appena 10-15 chilometri, con una densità da 10.000 miliardi a un milione di miliardi di volte la densità dell'acqua, in confronto ai 100 milioni di volte delle nane bianche.

Le nane bianche e le stelle di neutroni sono sostenute dalla pressione esercitata al loro centro dai gas di elettroni e neutroni degenerati. Si chiamano così perché, ad altissime densità, la materia, pur rimanendo allo stato gassoso, è composta di nuclei del tutto separati dai loro elettroni, i quali sono obbligati a muoversi secondo certe leggi statistiche: e, a densità ancora più alte, anche i neutroni si comportano in modo analogo.

Dunque, se l'impalcatura di queste stelle è mantenuta dalla pressione della materia degenerata, non esiste invece alcuna forza capace di sostenere il peso dei noccioli di supernovae con masse tre o quattro volte superiori a quella del Sole. In tal caso, avviene che la stella crolla su se stessa, diventando sempre più piccola e densa, finché, quando la sua velocità di fuga alla superficie eguaglia quella della luce, arriva a trattenere ogni tipo di radiazione, e quindi anche la luce che prima emetteva. È un buco nero.

La storia dei buchi neri non è la storia di una diavoleria inventata dai fisici moderni. I buchi neri sono ammessi anche dalla fisica newtoniana, e proprio questo è uno dei motivi che rende difficile rifiutarne a priori l'effettiva esistenza. Una prima intuizione la si trova nell'*Esposizione del Sistema del Mondo*, pubblicata da Pierre Simon de Laplace nel 1776; anche se è vero che la tolse, come si fosse pentito, nella quinta edizione dell'opera. Comunque, l'idea venne ripresa in un articolo scritto nel 1800 dall'astronomo tedesco Johann G. Soldner. «Un astro luminoso», dice Laplace, «della stessa densità della Terra, ma che avesse un diametro 250 volte maggiore di quello del Sole, a causa dell'attrazione non lascerebbe pervenire alcun raggio luminoso verso di noi. È dunque possibile che i più grandi e splendidi corpi dell'universo ci risultino, perciò, invisibili». Evidentemente, questo non significa che Laplace e Soldner abbiano predetto i buchi neri e le loro caratteristiche con la precisione necessaria. La teoria di Newton non forniva né i concetti né gli strumenti adatti, come era inadeguata a spiegare la precessione del perielio di Mercurio e la deflessione dei raggi di una stella in vicinanza del Sole. Per condizioni estreme come queste, e soprattutto per i buchi neri, dove le deformazioni dello spazio-tempo raggiungono il massimo, occorre la teoria della relatività generale. Perciò, sebbene il buco nero laplaciano e quello predetto dalla gravitazione di

Einstein abbiano lo stesso diametro a parità di massa, la principale differenza è la seguente: così come un razzo lanciato dalla superficie terrestre con velocità inferiore a quella di fuga ricade al suolo dopo aver raggiunto una data altezza, altrettanto accadrebbe col buco nero laplaciano, perché la luce potrebbe uscire fuori dalla superficie del buco nero, ma verrebbe poi trascinata indietro dalla gravità. Invece, nella descrizione relativistica, la luce emessa da un punto dentro il buco nero non potrebbe mai uscirne. È proprio per questa ragione che la superficie di raggio uguale al raggio del buco nero laplaciano viene chiamata orizzonte degli eventi. Qualsiasi cosa si trovi o avvenga entro questo raggio, infatti, non è visibile per un osservatore esterno.

Sappiamo che il Sole è troppo poco massiccio per diventare un buco nero. Molto probabilmente, fra qualche miliardo d'anni diventerà una nana bianca. Ma se la mano di Dio lo comprimesse fino a ridurlo come una palla di 6 chilometri di diametro, ecco che lo vedremmo cambiare improvvisamente di colore, e da giallo diventare di un rosso sempre più cupo fino a scomparire, a causa della perdita di energia dei fotoni al limite esterno dell'orizzonte degli eventi. Dentro questo orizzonte, la materia solare diventerebbe sempre più densa, perdendo ogni connotato fino a ridursi a un punto e uscire materialmente dall'esistenza. Però lascerebbe intatto, dietro di sé, il campo gravitazionale, per cui la nostra Terra e i pianeti seguirebbero a girare in orbite immutate, intorno a un Sole che non c'è più, in un cielo illuminato soltanto dalle stelle.

C'è "vita" in quel meteorite²

È sempre molto difficile rispondere alla domanda sull'esistenza della vita, la sua origine, se esiste soltanto sulla Terra oppure sia comune nell'universo. A parte le credenze religiose indimostrabili, e rimettendo in discussione i classici esperimenti di Pasteur che escludevano l'origine di sostanze viventi da sostanze inorganiche, gli scienziati moderni stanno di nuovo controllando l'ipotesi che la vita si sia sviluppata per generazione spontanea, cioè per evoluzione chimica. Il che significa: dovunque si presentino le condizioni adatte, là dalla materia dovrà alla fine germogliare inevitabilmente la vita.

Ma la vita è un fenomeno straordinariamente complesso e che richiede lunghissimi periodi. Così, per esempio, non tutti credono che sulla Terra ci sia stato abbastanza tempo (nonostante i suoi 4,6 miliardi d'anni) perché dalle forme più semplici si sia potuti passare via via a quelle più evolute fino all'uomo; e quindi pensano che i germi più adatti all'attecchimento siano venuti da altri corpi celesti. È l'ipotesi della panspermia.

Assai discussa nell'Ottocento in opposizione a Pasteur, di recente è stata riproposta in due versioni: quella dei biologi Orgel e Crick e quella degli astronomi Hoyle e Wickramasinghe. I primi sostengono che gli adatti "semi di vita" siano stati spediti di proposito da superiori intelligenze extraterrestri, a conoscenza che il nostro giovane pianeta aveva il "brodino" necessario per nutrirla e farla crescere. Invece, i secondi ritengono che tali germi siano piovuti più o meno a caso sulla Terra da comete di passaggio. Le comete pullulerebbero nel loro interno di batteri che, disseminati, forse causerebbero tuttora perfino pestilenze e altre epidemie.

Si tratta di idee, quasi (o senza il "quasi") fantascientifiche, anche se fondate su ricerche recenti. In realtà, da una

² "Il Piccolo", 3 ottobre 1983.

trentina d'anni le osservazioni radioastronomiche sulle molecole interstellari, le analisi compiute su certi meteoriti, gli esperimenti dei chimici, ci hanno permesso di rintracciare nel cosmo e di riprodurre in laboratorio praticamente tutte le molecole organiche da cui si sviluppa la vita. Se poi aggiungiamo all'elenco: a) il ritrovamento di antichissimi fossili, che ci offrono una migliore conoscenza degli organismi più semplici e primitivi; b) la scoperta che alcune specie di batteri termofili sono capaci di prosperare a temperature di oltre 250° e quasi pari a quelle del piombo in fusione (327,4°), implicando che la vita si potrebbe essere originata durante il processo di raffreddamento della Terra molto prima di quanto si credesse, e nemmeno escludendo l'attuale verificarsi di una generazione spontanea in alcuni anfratti del pianeta; c) se rammentiamo, infine, i progressi nell'individuazione di altri sistemi solari... bene, tutto ciò incoraggia a guardare con maggiore confidenza a una soluzione del problema dell'origine della vita e di come e quando si sarebbe diffusa.

Uno degli studiosi più noti dell'evoluzione chimica e partigiano della creazione spontanea è Cyril Ponnampereuma. È suo il commento a un comunicato apparso qualche settimana fa sui giornali a proposito della scoperta di cinque componenti organici in un meteorite caduto a Murchison in Australia quattordici anni fa, e precisamente il 28 settembre 1969. Si tratta di adenina, guanina, citosina, timina, uracile, componenti fondamentali dell'acido desossiribonucleico (Dna) e dell'acido ribonucleico (Rna), le molecole-base della vita sulla Terra. Se queste molecole – dice in sostanza Ponnampereuma – si trovano anche nello spazio, è necessario dedurre che la vita non è un fenomeno soltanto terrestre.

Che tipo di meteorite è quello analizzato? E quando i meteoriti arrivano sul nostro pianeta non è ovvio che si sporchino subito di sostanze terrestri? Riguardo al primo interrogativo, il

meteorite Murchison appartiene a una specie molto rara, chiamata condrite carbonacea. Si tratta di una pietra cosmica con un alto contenuto di carbonio, nel cui interno si trovano numerosi condriuli, cioè delle minuscole palline con una quantità variabile (dal 2,5 al 5 per cento) di composti organici.

Meteoriti simili si conoscono da molto tempo. Uno precipitò ad Alais, in Francia, nel 1806, e venne analizzato dal chimico svedese Jöns Jakob Berzelius (nel 1834), che vi scoprì la presenza di famoso materiale organico. Famoso è anche il meteorite d'Orgueil, caduto in questa località del Sud della Francia nel 1864. Ma forse il più grosso è il meteorite caduto ad Allende, in Messico, nel 1969, lo stesso anno del Murchison.

Riguardo alla seconda domanda, in effetti la difficoltà è sempre quella di assicurarsi che l'inevitabile contaminazione superficiale non sia penetrata all'interno del meteorite, La rassicurazione verrebbe dal fatto che gli aminoacidi trovati al loro interno, che sono i costituenti di tutte le proteine, contengono in quantità uguale sia i tipi levogiri che destrogiri, ossia capaci di polarizzare la luce nel senso contrario oppure medesimo a quello delle lancette di un orologio. Ne consegue che tali aminoacidi, non mostrando alcuna rotazione del piano di polarizzazione per l'effetto combinato dei due tipi, sono diversi dagli aminoacidi presenti nei nostri organismi viventi, i quali sono invece tutti levogiri.

Come si è premurato di avvertire Ponnampereuma, se tutto questo non dimostra che in altre parti del nostro sistema solare e più in generale nell'universo esista effettivamente la vita, tuttavia rende più probabile e rende più verosimile l'idea che la vita sia nata spontaneamente anche sulla Terra, senza bisogno di più fantastiche ipotesi, come la panspermia, guidata o casuale.

C'è un Presepe in cielo (oltre a quelli quaggiù)³

È tempo di presepi e ce n'è uno anche in cielo. Si trova nella costellazione del Cancro, ora visibile in piena notte verso Oriente. Questa costellazione è costituita di stelle deboli, due delle quali, proprio al centro, si chiamano rispettivamente Asinello Boreale e Asinello Australe. In mezzo a loro c'è la Mangiatoia, o Greppia o Presepe (dal latino praesepe): una piccola macchia luminosa che in realtà è un ammasso di stelle. Lo scoprì per la prima volta Galileo col suo cannocchiale nel 1609, il quale, in quella che sembrava una “nubecola”, individuò almeno 36 stelle, oltre agli Asinelli. Oggi ne contiamo più di 60, di cui almeno un quinto sono stelle doppie.

L'ammasso di stelle del Presepe era conosciuto fin dai tempi di Arato e Teofrasto, che ne scrissero fra il 250 e il 300 a.C.: e quindi questa denominazione non è di origine cristiana, come si potrebbe supporre. Infatti anche Plinio scrive: «Nel Cancro si trovano due stelline, chiamate Asini, separate da un piccolo spazio dove si nota una nubecola della “Le greppie”». Teofrasto ci informa che quando si indeboliva o spariva c'era da aspettarsi brutto tempo. Pure le Pleiadi e le Iadi nell'opinione comune avevano questa funzione di barometro naturale.

Una tarda interpretazione cristiana si trova in Caesius (Philip Zesen), autore di un *Coelum Astronomico-Poeticum* pubblicato nel 1662 ad Amsterdam da Joannes Blaue, dove si dice che il Presepio nel Cancro rappresentava la mangiatoia dove venne posto Gesù. Mentre le due stelle laterali erano l'asinello e il bue che lo riscaldavano.

Ma già da tempo s'era tentato (senza successo) di cristianizzare il cielo. Per esempio il Venerabile Beda, circa 1300 anni fa, suggerì di cambiare i nomi delle costellazioni zodiacali con quelli dei 12 apostoli: Julius Schiller, nel XVII secolo, cercò

³ “Il Piccolo”, 3 gennaio 1983.

di popolare la volta celeste con nomi di papi, vescovi, santi e della Madonna. Se lui o altri vi fossero riusciti, oggi la costellazione del Dragone si chiamerebbe «Serpente di Eva»; invece del Leone si avrebbero i «Leoni di Daniele», «Giovanni Battista» al posto dell'Acquario e la «Nave di Pietro» al posto dell'Orsa Maggiore. Si volevano affibbiare nomi biblici anche ai pianeti: Saturno si sarebbe dovuto chiamare Adamo, Giove Mosè, eccetera. Chi invece riuscì più che notevolmente in questa impresa di battezzare o ribattezzare il cielo furono gli astronomi arabi.

Nella tradizione cristiana il presepe era un Mistero o una sacra rappresentazione della liturgia, e i papi la propagarono fin dai primi tempi dell'era cristiana, insieme a quella pasquale. Il presepe più antico sembra sia quello di Santa Maria Maggiore, in Roma, che si dice risalga a Papa Teodoro (642-649). Famoso era il presepe di Gregorio IV (827-844) a Santa Maria in Trastevere, costruito sul modello del precedente e anche del presepe eretto nella vecchia basilica vaticana sotto Giovanni VII (705-707).

Molte notizie a questo proposito si leggono nel Lanternari (*Feste tradizionali*, vol. II). Egli riporta che c'erano due forme di presepi: la forma ellenica con la Vergine seduta, e la siriana con la Vergine coricata. La prima è la più antica, e la troviamo fino al VI secolo nei monumenti d'Occidente; l'altra, meno rispettosa o più realistica, prevalse dappertutto fino al XIV secolo, quando sotto l'influenza francescana si diffuse una Vergine inginocchiata in adorazione del Figlio, oppure seduta col Bambino in grembo.

Nei Vangeli si parla di una mangiatoia e anche di una stella e di pastori, ma non di un bue e di un asinello. Secondo alcuni, la mangiatoia era un trogolo scavato nella roccia e fatto in parte di fango, come appare in molte grotte palestinesi. Secondo il Craveri (*Vita di Gesù*), la tradizione che mette nella

grotta della natività un bue e un asinello è certamente posteriore al III secolo.

Dunque, questo era il presepe che, dapprima ristretto al culto e nelle chiese, a poco a poco ne uscì per prendere la forma che gli diede San Francesco nel bosco di Greccio, sui monti di Rieti, nel Natale del 1223. E, cosa altrettanto significativa e importante, le preghiere e i canti non si recitavano nella lingua ecclesiastica, il latino, ma nelle lingue nazionali, come la messa di oggi. Mentre una volta nelle chiese si faceva in legno e di materiali anche più nobili, in seguito il presepe entrò nelle case fatto di cartapesta, di gesso, eccetera. Il 1700 fu il secolo di massima fioritura dei presepi, soprattutto a Napoli, dove raggiunse un notevole livello artistico, ma dove finì anche per perdere la sua mistica semplicità per diventare quasi una sceneggiata.

5000 anni di astronomia⁴

L'astronomia (da astron, stella, e nomos, legge) è lo studio degli oggetti celesti e dell'universo nel suo insieme. Ha una preistoria che si confonde con l'astrologia e che risale ad almeno 3000 anni a.C., quando i Babilonesi, ottimi osservatori e matematici, incidono le loro tavolette divinatorie annotandovi il ricorrere delle eclissi e i moti planetari; mentre gli Egiziani, seguendo le stelle, orientavano le piramidi e predicevano le piene del Nilo. Si adopravano strumenti come lo gnomone, che proiettava l'ombra del Sole e serviva per la misura del tempo. Anche lo svolgersi delle fasi lunari servì alla misura del tempo e alla costruzione del calendario.

⁴ "Il Piccolo", 23 gennaio 1984.

Ma la vera ricerca astronomica e i primi straordinari progressi sono merito dei Greci. Essi intuirono che la Terra è una sfera isolata nello spazio, senza alto né basso; pensarono che la Luna e le stelle fossero delle pietre come la Terra; che Mercurio, Venere, Marte, Giove e Saturno (oltre il Sole e la Luna) si distinguevano soprattutto per i loro moti rispetto alle stelle. Da allora, cioè, all'incirca dal V secolo a.C. fino all'alba del 1800, i rapporti fra questi sette corpi celesti, e fra essi e la Terra, sono stati quasi l'oggetto esclusivo dell'astronomia.

Platone, Eudosso e Callippo escogitarono il sistema delle sfere con centro comune nella Terra (sistema omocentrico); Aristotele diede un'interpretazione fisica a questa rappresentazione matematica del cosmo: la Luna girava intorno alla Terra, come il Sole, i pianeti e le stelle, in un complesso di sfere cristalline. Si trattava di un modello che venne poi perfezionato con l'ipotesi di altre sfere ausiliarie dette "eccentrici" ed "epicicli", già suggeriti da Euclide e da Aristarco.

Ipparco scoprì, inoltre, la precessione degli equinozi e compilò una lista di stelle che numerò e nominò. Però non sappiamo se ne precisasse anche le coordinate, che invece corredano, insieme a una stima della luminosità, il catalogo di 1022 stelle (raggruppate in 48 costellazioni) compilato da Tolomeo. Questi, nell'*Almagesto*, espone in forma organica i risultati ottenuti dall'astronomia babilonese e greca, specialmente da Ipparco, descrivendo un universo sferico con al centro la Terra.

L'*Almagesto* non è il titolo originale del libro di Tolomeo, ma proviene dall'arabo e *al Magisti* dal greco *Megiste Syntaxis*, che significa "Massimo compendio". Infatti, furono gli Arabi a trasmettere le conquiste della scienza e della filosofia greca agli occidentali, apportandovi notevoli contributi. Finché le complicazioni dell'astronomia geocentrica e un mutato sentimento estetico e filosofico spinsero Copernico a un completo riesame del modello tolemaico. Così egli ritornò all'ipotesi di Aristarco, ponendo il Sole al centro del cosmo.

Contro Copernico rinacquero ben presto i medesimi pregiudizi teologici rivolti contro Aristarco, ma anche una serie di obiezioni derivanti dall'aver mantenuto la circolarità delle orbite, per cui si seguitavano a constatare notevoli discordanze fra teoria e osservazioni. Lo stesso Tycho Brahe rifiutò l'ipotesi copernicana, proponendone una propria di compromesso. Comunque, le sue accuratissime osservazioni permisero a Keplero di dedurre empiricamente quelle famose tre leggi che riconoscevano la giustezza della teoria copernicana e la perfezionavano, stabilendo che le orbite planetarie sono ellissi.

È in quello stesso periodo che Galileo inventava il cannocchiale, col quale non solo si potevano seguire i moti stellari e planetari, ma osservare la struttura dei pianeti, della Luna, del Sole e della Via Lattea. Insomma, è con lui che comincia quella branca principale dell'astronomia che è l'astrofisica.

Nel secolo successivo, dobbiamo a Isacco Newton l'interpretazione teorica delle leggi di Keplero, in base alla famosa "legge gravitazionale". Ma Newton non fu solo un grande teorico. Le sue famose esperienze sulla composizione della luce eseguite mediante un prisma e la costruzione del primo telescopio riflettore (costituito da uno specchio concavo, invece che da lenti) fecero fare enormi progressi all'astrofisica.

L'Ottocento è l'epoca in cui si iniziano sistematiche osservazioni astrofisiche basate sulla spettroscopia. Sugli studi planetari prevalgono ora decisamente quelli stellari, anche per ragioni strumentali. Dato che le stelle ci appaiono sempre come puntini, è generalmente impossibile studiarne i dettagli superficiali come facciamo col Sole; e quindi l'unica possibilità di indagine è di scomporre la luce a mezzo di un prisma o di un reticolo. Invece per i pianeti questo metodo quasi non serve, perché essi non emettono luce propria, ma quella riflessa dal Sole.

A padre Angelo Secchi va il merito della prima classificazione degli spettri delle stelle. Egli indicava che, malgrado fossero migliaia, gli spettri delle stelle si potevano raggruppare, in base alle loro caratteristiche comuni, in appena 4 o 5 classi. Kirchhof, Planck e Bohr insegnarono il modo di interpretare tali spettri stellari, e già all'inizio del Novecento gli astronomi erano in grado di valutare la temperatura superficiale delle stelle e precisare di quali elementi chimici fossero formate.

Un ulteriore passo si fece col cosiddetto diagramma Hertzsprung-Russell indicante la relazione fra temperatura superficiale e luminosità delle stelle, mentre Eddington con la relazione massa-luminosità permetteva l'indagine sulla stessa struttura interna delle stelle e quindi sulle fonti della loro energia e sulla loro evoluzione. Le teorie di Einstein e la scoperta di Bethe di come l'idrogeno possa trasformarsi in elio liberando enormi quantità di energia consolidarono queste conoscenze, che oggi ci permettono una comprensione generale dell'evoluzione stellare, anche se molti dettagli ancora ci sfuggono e devono essere corretti.

Intanto, fra il 1920 e il 1930, come principale obiettivo di ricerca si passava dalle stelle nella loro individualità a quegli immensi agglomerati di stelle che sono le galassie. E ciò grazie ai progressi tecnici e strumentali, quali l'inaugurazione dei grandi telescopi californiani.

Il quadro cambiò radicalmente quando Harlow Shapley determinò (seppure sopravvalutandola) la distanza che ci separa dal centro della Via Lattea e stabilì la nostra posizione periferica, oltre che nel sistema solare (come aveva fatto Copernico), anche in questo immenso sistema. Fu per questa ragione che Shapley venne chiamato il "moderno Copernico". L'errore di valutazione della nostra distanza dal centro galattico (che Shapley aveva stimato a 50.000 anni-luce invece che a 30.000) era dipeso dal fatto che lo spazio interstellare non era vuoto come si credeva.

Ma, come scoprì Robert Trumpler nel 1930 studiando la distanza degli ammassi galattici, era disseminato di polveri e gas, che, assorbendo la luce delle stelle, le faceva sembrare più lontane di quanto fossero.

Poi Hubble riuscì a misurare per la prima volta la distanza delle spirali e a provare che si trattava sia di oggetti esterni alla Via Lattea, sia di galassie fatte anch'esse di stelle, polveri e gas come la nostra. Sempre Hubble scopriva la relazione fra distanza e velocità di recessione di queste galassie esterne. Nasceva così la teoria dell'espansione dell'universo.

Ma ecco altri rami spuntare rigogliosi dal tronco dell'astrofisica. Nel 1932 Karl Jansky trovava per caso che la Via Lattea è una sorgente di radioonde. Dapprima questa osservazione passò inosservata o addirittura non apprezzata (non si credeva che i corpi celesti potessero essere sorgenti notevoli di onde radio); ma subito dopo la seconda guerra mondiale e per i perfezionamenti tecnici conseguiti per scopi bellici, la radioastronomia portò quasi subito ad alcune delle maggiori scoperte di questo secolo. Come quella della riga spettrale a 21 cm, emessa dall'idrogeno neutro, la quale ci ha permesso di individuare la struttura generale dei bracci a spirale galattici; la scoperta delle radio-galassie, delle quasar e delle pulsar e soprattutto nel 1965 della radiazione fossile a 3 gradi Kelvin, ritenuta (per merito di Robert Wilson e Arno Penzias) come una prova del big bang che diede origine all'universo. Altra scoperta radioastronomica di grandissimo rilievo, quella delle molecole interstellari.

L'astronomia spaziale è stata la più recente conquista. Ci ha fornito con le sonde interplanetarie e i satelliti artificiali una rinnovata conoscenza del sistema solare, mentre i telescopi orbitanti ci hanno messo in grado di osservare le stelle nelle bande spettrali finora inaccessibili dell'ultravioletto, dei raggi X e gamma, evidenziando fra l'altro oggetti celesti non ancora identificati, l'esistenza di un gas caldo nell'alone galattico, nubi di gas intergalattici con temperature di decine di milioni di gradi.

Altro campo in pieno rigoglio è l'astronomia dell'infrarosso, che si serve di appositi telescopi e ricettori piazzati su montagne alte anche 4205 m, come il Mauna Kea, nelle Hawaii. Le sue indagini, come, ancora meglio, quelle di un satellite quale l'IRAS, Infrared Astronomical Satellite (Satellite astronomico per l'infrarosso), ospitante un telescopio da 66 cm di diametro e orbitante a 900 km d'altezza, si rivolgono tipicamente alle grandi nubi fredde di un gas interstellare dove si formano le stelle, oppure alla ricerca di un possibile pianeta ultraplutoniano. In realtà, l'IRAS è capace di "sentire" il calore di una lampadina da 20 watt distante da esso come lo è New York da Lisbona.

Da quanto detto, è chiaro che lo sviluppo quasi esplosivo dell'astronomia moderna, e specialmente contemporanea, è in gran parte dovuto alle tecniche che forniscono strumenti sempre più potenti e svariati e ricettori sempre più sensibili; ai mezzi di misura e di calcolo che si applicano in tutte le specialità astronomiche e a quasi tutte le bande dello spettro elettromagnetico. Questi strumenti non sono soltanto frutto di una ricerca pura e disinteressata, ma spesso (se non sempre) sono pensati anche per scopi bellici. Sostenere che è stato sempre così è vero, ma è anche vero che bisogna porvi rimedio. Perché non si tratta più di coltelli di pietra, di polvere pirica, di cannocchiali adoprati per vedere le stelle o le navi nemiche in lontananza (come suggerì Galileo quando offrì il suo cannocchiale alla repubblica veneta), oppure di radar applicabili agli stessi usi di pace o di guerra. Oggi si tratta di una scienza e di una tecnica capaci di distruggere l'umanità e la vita intera di un pianeta. Quindi, pena l'annientamento totale, siamo costretti a incanalare le nostre energie vitali verso mete avventurose e rischiose quanto si vuole, ma meno omicide e suicide. La ricerca di altre creature intelligenti potrà essere una di queste mete; la conquista e la colonizzazione dello spazio, un'altra.