

## Il mistero del cielo oscuro

Claudio Elidoro

CHI ha bazzicato, anche in modo molto superficiale, tra le problematiche dell'astronomia si è sicuramente imbattuto in quel rompicapo che è normalmente chiamato "Paradosso di Olbers". Il nome gli viene da Heinrich Wilhelm Olbers (1758-1840), un medico tedesco con una grande passione – e notevole competenza – di cose astronomiche. Nel suo curriculum vanta non solo la riscoperta di Cerere dopo che lo scopritore Giuseppe Piazzi (1746-1826) ne aveva perso le tracce per colpa di una persistente nuvolosità, ma anche la scoperta di Pallade e Vesta nonché quella di 5 comete. In quegli anni di inizio Ottocento in cui stava cominciando a svelarsi l'imprevista presenza degli asteroidi, Olbers suggerì che potessero essere i resti di un pianeta andato in frantumi. Idea quasi subito rivelatasi sbagliata, ma che non è poi così stramba come potrebbe sembrare. Quello delle collisioni è un tema estremamente valido quando parliamo di asteroidi. Insomma, davvero niente male per un non professionista. Tornando al paradosso, benché Olbers non sia stato l'unico (e neppure il primo, per dirla tutta) a enunciarlo, fu probabilmente quello che lo tirò in ballo nel momento storico più propizio. E l'associazione al suo nome è rimasta.

Per comprendere il rompicapo è indispensabile partire dall'idea di Universo in voga fino agli inizi del Novecento. Un'idea che era codificata in quello che veniva definito "Principio Cosmologico": l'Universo è infinito e immutabile nel tempo e non ha posizioni o possibili visuali privilegiate. Non era una legge scientifica vera e propria, ma la constatazione

che non v'era alcun motivo perché l'Universo non fosse uniforme. Notiamo che le ultime due caratteristiche, cioè l'omogeneità e l'isotropia dell'Universo, costituiranno l'assunto iniziale dei modelli cosmologici che cominciarono a concretizzarsi dopo la devastante e provvidenziale irruzione nella fisica classica di Albert Einstein (1879-1955) e della sua relatività.

Una seconda precisazione che è altrettanto indispensabile mettere sul tappeto è che al tempo di Olbers non era ancora affatto chiaro quale fosse il motore che alimentava le stelle. In quegli anni le due teorie che provavano a spiegare il funzionamento degli astri – Sole compreso – erano quella di Julius Robert von Mayer (1814-1878), che invocava l'energia scatenata dalla caduta di meteoriti e comete, e quella propugnata da Herman von Helmholtz (1821-1894) e William Thomson I Lord di Kelvin (1824-1907), che sostenevano la contrazione gravitazionale – praticamente una lenta caduta degli astri su se stessi. Non si sapeva assolutamente nulla, insomma, dell'età delle stelle e neppure si aveva un'idea dei loro possibili cammini evolutivi.

Potrà sembrare strano, ma con queste premesse bastava una semplice domanda per mettere in crisi l'interlocutore: «Perché di notte il cielo è buio?» Banale e inutile invocare la mancanza del Sole. Infatti, se ipotizziamo un Universo infinito, la nostra linea di vista è destinata prima o poi a incrociare una stella, il che significa che ci dovremmo aspettare un cielo uniformemente illuminato (vedi FIG. 1). Ma questo proprio non si verifica e non credo siano necessarie dotte dimostrazioni o grandi esperimenti per convincere come il cielo notturno sia decisamente molto più buio di quello diurno.

Una situazione paradossale, appunto, nella quale gli astronomi rimasero per lungo tempo impastoiati senza riuscire a venirne a capo in modo accettabile. Il paradosso, lo ribadiamo, non fu un'invenzione di Olbers e il tentativo di smascherare dove si celasse l'errore coinvolse per secoli fior fior di astronomi. Era evidente, infatti, che da qualche parte in quel ragionamento ci fosse un inghippo, un trucco, un errore. Dato che sul buio del cielo notturno non

\* Questa rubrica si propone di presentare in modo sintetico e, per quanto possibile, autoconsistente argomenti che stanno alla base della conoscenza astronomica, spesso trascurati nella letteratura divulgativa, in quanto ritenuti di conoscenza generale oppure troppo difficili o troppo noiosi da presentare ad un pubblico non specialistico. Questi "fondamenti di astronomia", volutamente trattati in uno spazio limitato, possono essere letti a due livelli; eventuali approfondimenti per i lettori che desiderino ampliare la conoscenza dell'argomento vengono esposti in carattere corsivo e incorniciati. Si suggerisce questa rubrica, quindi, a studenti dei vari tipi e livelli di scuole. Le *Spigolature astronomiche* si possono trovare anche in rete, nel sito Web del «Giornale di Astronomia», <http://giornaleastronomia.difa.unibo.it/giornale.html>.



si poteva proprio discutere, si trattava di smascherare quale fosse il lato debole del ragionamento. E smascherarlo con una argomentazione scientificamente valida.

Nella questione intervenne anche il grande Johannes Kepler (1571-1630), il sommo geometra delle orbite planetarie. La sua soluzione per porre un limite alla inevitabile luminosità del cielo fu quella di negare che l'Universo fosse infinito. Nel suo modello la sfera delle stelle era confinata da una sorta di invalicabile muro di oscurità. È innegabile la tentazione di scorgere in questo modello un vago richiamo a quell'epoca di profonda oscurità che secondo l'attuale cosmologia precedette l'accensione delle prime stelle, ma non poteva certo essere questa l'idea di Keplero.

Intrigante anche la proposta dell'astronomo svizzero Jean-Philippe Loys de Chéseaux (1718-1751), forse tra i primi a enunciare il paradosso nella sua forma moderna. De Chéseaux propose che la soluzione risiedesse nella polvere interstellare, in grado di togliere trasparenza al cielo e dunque di impedire alle stelle più distanti di farci giungere la loro luce. Benché questa soluzione si dice fosse apprezzata anche dallo stesso Olbers, non la si può comunque considerare corretta. L'assorbimento della radiazione stellare da parte della polvere, infatti, porterebbe a un suo graduale riscaldamento e alla conseguente emissione di radiazione.

Curiosamente, come era stato per la formulazione, anche la soluzione al paradosso venne da un astronomo non professionista: l'americano Edgar Allan Poe (1809-1849), poeta, scrittore e competente cultore di cosmologia.

Proprio in una conferenza di carattere cosmologico tenuta nel febbraio 1848 a New York (il materiale venne successivamente ripreso e rielaborato nell'opera *Eureka - A Prose Poem*), Poe propose la sua risposta al paradosso di Olbers:

L'unico modo per comprendere questi vuoti che il nostro telescopio incontra in ogni direzione è quello di ipotizzare che la distanza del fondo invisibile è talmente immensa che nessun raggio luminoso che da là proviene sia ancora stato capace di raggiungerci.

Una risposta che individua nella limitata velocità della radiazione – grandissima, ma pur sempre finita – e nelle smisurate dimensioni dell'Universo la chiave per uscire in modo adeguato dal paradosso. Risposta sicuramente valida e che ha in più il pregio di suggerire altre importanti considerazioni.

Dato che la radiazione si propaga con velocità finita, una grande distanza comporta anche un adeguato tempo a disposizione per riuscire a percorrerla. Perfettamente logico, allora chiedersi di quanto tempo le stelle possano disporre. Un problema che in quegli anni non era considerato, ma che diventò cruciale con la scoperta del motore che alimenta l'energia stellare e dei tempi evolutivi che caratterizzano la vita degli astri. Le stelle non esistono da sempre e non possono esistere per sempre: in-



FIG. 1. Con un cielo affollato di infinite stelle, il fondo cielo dovrebbe essere luminoso come il Sole. Come mai, allora, il cielo notturno è buio?

somma, un'altra vigorosa spallata al paradosso. Gli sviluppi della cosmologia hanno poi permesso di inquadrare in modo ancora più profondo il problema della disponibilità di un tempo limitato. Non solo non sono eterne le stelle, ma non è eterno neppure lo stesso Universo.

Tra le scoperte della moderna cosmologia vi è anche quella – fondamentale – della sua espansione, con le galassie che si allontanano tanto più velocemente quanto più sono distanti (è la cosiddetta "legge di Hubble"). L'espansione dell'Universo comporta che tanto più distante è una galassia, tanto maggiore sarà lo spostamento verso il rosso della radiazione che emette. Uno spostamento che non è dovuto alla velocità (come per l'effetto Doppler), ma alla deformazione dello spazio che questa espansione comporta. Nel 1956 il cosmologo Hermann Bondi (1919-2005) propose proprio questo arrossamento come spiegazione del paradosso di Olbers. Il fenomeno è certamente reale, ma l'idea che sia questa la causa più importante del cielo oscuro non è condivisa da tutti i cosmologi.

Secondo il cosmologo Edward Harrison (1919-2007), per esempio, la risposta più stringente al paradosso di Olbers risiederebbe nel fatto che le stelle dell'Universo producono un quantitativo insufficiente di energia. In uno studio pubblicato nel 1964 conclude che, anche ammettendo di riuscire a trasformare tutta la materia dell'Universo in energia, si avrebbe un cielo notturno solo impercettibilmente più brillante di quanto non lo sia ora.

Non c'è dunque un completo accordo su quale argomentazione possa avere il ruolo più importante; quello che è assolutamente certo, però, è che le scoperte della fisica stellare e della moderna cosmologia hanno comunque messo definitivamente la parola fine al paradosso di Olbers.

*Si è già detto che, prima ancora che il problema venisse tirato in ballo da Olbers, molti astronomi si erano chiesti quali conseguenze osservative potesse arrecare un Universo infinitamente pieno di stelle.*



Il primo ad affrontare matematicamente il problema fu, nel 1720, l'astronomo inglese Edmond Halley (1656-1742).

Proviamo a ripercorrere la sua analisi.

Immaginiamo di suddividere l'Universo che ci circonda in una sequenza continua di gusci concentrici (FIG. 2). Ciascuno di questi gusci, posto a una distanza  $R$  dall'osservatore, sarà caratterizzato da uno spessore  $s$  e da una densità di popolazione stellare  $n$ .

Ipotizzando dunque un volume del guscio pari a

$$V = 4 \pi R^2 \cdot s \quad (1)$$

impiegando la densità di popolazione stellare si potrà ricavare il numero di stelle  $N_S$  che contiene quel guscio. Otterremo così:

$$N_S = n \cdot V = n \cdot 4 \pi R^2 \cdot s \quad (2)$$

Passiamo ora a valutare il contributo luminoso di quel guscio di stelle.

Visto che la luminosità è distribuita su una sfera di raggio  $R$ , applicando la legge dell'inverso del quadrato della distanza possiamo ottenere che l'intensità luminosa  $I$  che ci raggiunge da ciascuna stella sarà:

$$I = L / 4 \pi R^2 \quad (3)$$

dove con  $L$  abbiamo indicato la luminosità di una singola stella.

A questo punto, semplicemente moltiplicando per il numero di stelle, possiamo mettere in conto il contributo complessivo delle stelle di ciascun guscio. La (3) diventerà dunque:

$$I_{TOT} = N_S \cdot I = N_S \cdot L / 4 \pi R^2 \quad (4)$$

Se ora inseriamo nella (4) l'espressione di  $N_S$  ottenuta nella (2) e semplifichiamo, otteniamo che

$$I_{TOT} = n \cdot 4 \pi R^2 s \cdot L / 4 \pi R^2 = L \cdot n \cdot s \quad (5)$$

Questo significa che l'intensità luminosa complessiva dipende dalla luminosità di ciascuna stella e dallo spessore del guscio. Una soluzione prevedibile, insomma.

Peccato che, ipotizzando un Universo infinitamente uniforme, la densità di popolazione stellare  $n$  sia costante e che, ipotizzando un Universo infi-

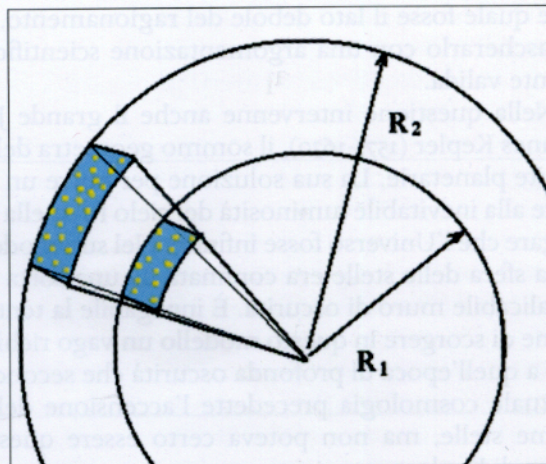


FIG. 2. Immaginiamo di suddividere l'Universo che ci circonda in una sequenza continua di gusci concentrici...

nitamente esteso, il numero dei gusci sia infinito. In altre parole, la (5) ci propone la situazione di un cielo notturno brillante come il Sole

Dalle considerazioni suggerite da Poe, però, emerge che la densità di popolazione stellare  $n$  non può certo considerarsi costante. Non solo perché, come indicato dal poeta statunitense, la luce delle stelle più lontane non ha ancora potuto raggiungerci, ma soprattutto perché i tempi a disposizione di ogni stella per inviarci la sua radiazione non sono eterni, ma limitati dalla durata del suo cammino evolutivo. Quella successione illimitata di gusci, dunque, non è proponibile.

A ben guardare, insomma, più che di soluzione del paradosso di Olbers sarebbe più corretto parlare di smascheramento delle premesse che lo sostenevano: gli sviluppi della cosmologia e dell'astrofisica hanno mostrato che le premesse su cui si fonda sono sbagliate, dunque anche lo stesso paradosso perde di significato.

Nella concezione attuale, l'Universo è finito, ha avuto un'origine e segue un cammino evolutivo che comporta un'espansione. E con queste premesse il cielo "NON PUÒ" essere luminoso. Per avere conferma, basta uscire una sera qualunque e alzare gli occhi verso il cielo. Sembrerà strano, ma dietro quella nostra banale osservazione si nascondono considerazioni cosmologiche tutt'altro che banali.

**Claudio Elidoro** si è laureato in Astronomia presso l'Università di Bologna con una tesi riguardante i Corpi minori del Sistema solare e si è diplomato al Master in Comunicazione Scientifica presso l'Università di Milano. È insegnante di matematica in una scuola professionale di Cremona e svolge attività di divulgazione astronomica scrivendo articoli per riviste del settore. Ha curato la prima parte della versione on line delle Spigolature Astronomiche. Nel dicembre 2006 il Minor Planet Center ha assegnato il suo nome all'asteroide (43956) Elidoro.