

ASTRONOMIA

L'oscurità del cielo notturno

Il medico e astronomo amatoriale tedesco Heinrich Wilhelm Olbers, nel 1823, mise in evidenza un fatto paradossale, noto pertanto come *paradosso di Olbers*: se l'Universo fosse infinitamente grande, immutabile ed esteso omogeneamente in tutte le direzioni, alzando gli occhi al cielo vedremmo stelle ovunque. Non potremmo distinguere il giorno dalla notte, perché la luce degli astri ci raggiungerebbe da ogni dove, così come quando osserviamo un bosco, le immagini degli alberi riempiono uniformemente il nostro campo visivo. La luce di tutte le stelle messe insieme illuminerebbe il cielo, per cui il fatto che la notte sia buia e le stelle stesse ci appaiano separate le une dalle altre, richiede di modificare le ipotesi sulla struttura dell'Universo.

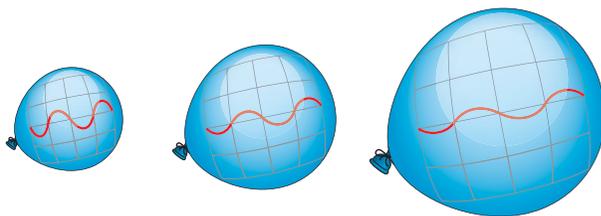
L'Universo non è infinito né eterno

Una possibile spiegazione del paradosso consiste nell'ipotizzare che non sia infinitamente esteso. In tal caso, infatti, il numero di stelle non sarebbe infinito e la loro luce non arriverebbe a saturare il nostro campo visivo.

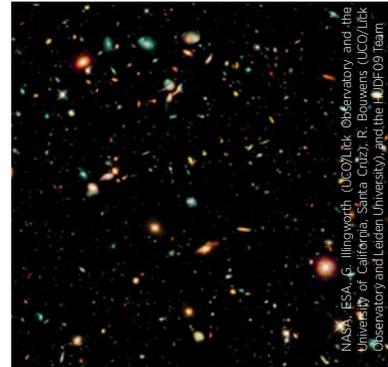
Un'altra spiegazione consiste nell'assumere che ci sia un numero inferiore di stelle lontane e che, quindi, il loro contributo alla luce che raggiunge la Terra sia minore. Questo significherebbe che le stelle hanno avuto un'origine e non sono oggetti immutabili ed eterni. Infatti la luce delle stelle più lontane ci porta un'immagine del passato: l'oggetto più lontano che possiamo osservare a occhio nudo è Andromeda, la cui luce ci raggiunge dopo un viaggio lungo due milioni e mezzo di anni. Dato che la velocità della luce è finita, guardare lontano nello spazio equivale a guardare lontano nel tempo e le stelle più lontane ci appaiono quindi come le più giovani. Assumere l'ipotesi che le stelle più lontane e più giovani siano meno numerose implica che la luce di molte di esse potrebbe non essere ancora giunta a noi.

L'Universo si espande

Alla luce della cosmologia moderna il paradosso di Olbers non è un paradosso in senso stretto, in quanto è accettata la concezione di un universo finito che abbia avuto un'origine nel tempo. Inoltre sappiamo, in base alle osservazioni sperimentali, che l'Universo è in espansione e ciò contribuisce a ridurre ulteriormente la luminosità del cielo notturno. Le galassie con le loro stelle, infatti, si allontanano da noi e, mentre lo fanno, la luce da loro emessa diventa «più rossa». L'espansione dell'Universo implica una sorta di «stiramento» dello spazio e un aumento della lunghezza d'onda della radiazione che viaggia attraverso esso, il cosiddetto *red shift*, cioè uno spostamento verso il rosso della luce corrispondente. Le stelle più lontane appaiono quindi un po' più fredde e meno luminose di quelle vicine.

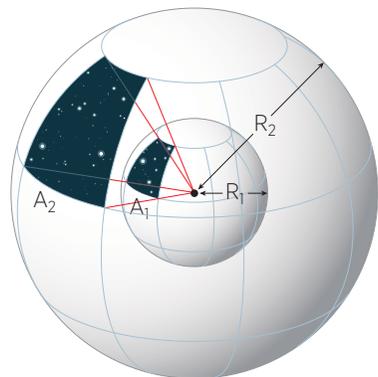


L'espansione dell'Universo comporta l'aumento della lunghezza d'onda della radiazione.



NASA, ESA, G. Illingworth (UCO/Lick Observatory and the University of California, Santa Cruz), R. Bouwens (UCO/Lick Observatory and Leiden University), and the Hubble team

Anche con un potente telescopio ottico, come l'Hubble Space Telescope, le cui immagini non risentono dell'attenuazione dell'atmosfera terrestre, il cielo notturno è buio e stelle e galassie appaiono ben distanziate tra loro.



La luminosità delle stelle più lontane è minore di quella delle stelle più vicine in misura inversamente proporzionale al quadrato della loro distanza, ma il numero di stelle per unità di superficie, se la loro distribuzione fosse uniforme a qualsiasi distanza, sarebbe maggiore in misura direttamente proporzionale al quadrato della loro distanza e quindi il loro contributo sarebbe equivalente.

DOMANDA Quale altro fenomeno comporta una variazione della lunghezza d'onda della radiazione emessa da una sorgente?

ASTRONOMIA

I sistemi planetari

I pianeti sono piccoli corpi celesti di massa sufficientemente elevata da avere una forma pressoché sferica, ma troppo piccola per innescare le reazioni di fusione che caratterizzano le stelle, pertanto non sono sorgenti di luce visibile. Un pianeta si caratterizza come tale in quanto gravita intorno a una stella su un'orbita non condivisa con altri corpi di massa confrontabile o superiore ad esso. Un sistema planetario è un insieme di pianeti che orbita intorno a una stella comune.

Osservare un pianeta è molto difficile, perché non emette luce propria ed ha piccole dimensioni, pertanto fino agli anni Novanta del secolo scorso non erano stati osservati altri sistemi planetari e l'unico di cui si conosceva l'esistenza era il Sistema Solare. Dopo i primi anni di difficoltose osservazioni, dal 2000 in poi è aumentato notevolmente il numero di pianeti che sono stati individuati intorno a stelle di ogni tipo.

Formazione

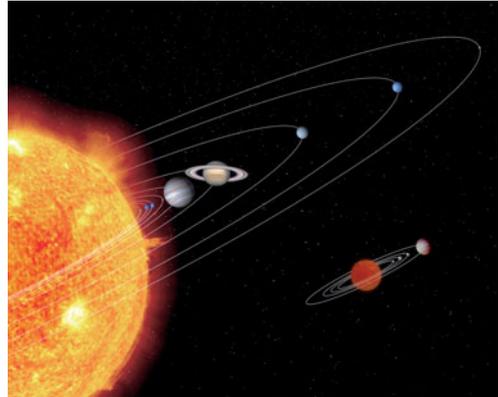
I pianeti che orbitano intorno a stelle simili al Sole si sono verosimilmente formati all'interno degli stessi processi che hanno portato alla formazione della stella. Durante il collasso della nube da cui ha origine la protostella, nella fase che precede l'innesco delle reazioni nucleari, la temperatura del disco di materia che la circonda (*disco proto-planetario*) diminuisce. La diminuzione della temperatura consente l'addensamento di piccoli granuli di materia solida che, a loro volta, possono aggregarsi tra loro. Se la materia presente nel disco è sufficientemente elevata, le dimensioni di questi aggregati di materia possono aumentare considerevolmente e, in seguito a urti reciproci e successive fusioni, raggiungere lo stato di pianeta solido. È probabile che la Terra si sia formata in questo modo.

Per i grandi pianeti gassosi, come Giove, il discorso è diverso: essi si accrescono presumibilmente mediante un processo simile a quello che permette l'accrescimento stellare, ma la loro massa non è sufficiente ad accendere i processi di fusione.

Alla ricerca della vita

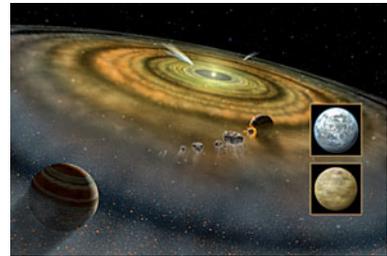
Così come la vita è presente sulla Terra, da sempre ci si chiede se non sia possibile trovarne anche su altri pianeti. Negli ultimi anni le osservazioni di sistemi planetari nella nostra galassia si sono moltiplicate e l'eventualità sembra essere sempre meno improbabile. La ricerca della vita nello spazio segue fondamentalmente due direzioni: da una parte lo studio delle forme di vita degli ambienti terrestri estremi, quali gli abissi oceanici o i ghiacci polari, dall'altra la ricerca di pianeti le cui condizioni potrebbero essere favorevoli al suo sviluppo.

Ultimamente si è posta l'attenzione su una stella che si trova nella costellazione della Bilancia, *Gliese 581*, una nana rossa il cui diametro è circa 1/3 di quello del Sole. Gliese 581 ha un sistema planetario che potrebbe comprendere pianeti ospitali alla vita. Nel 2008 dal radiotelescopio RT-70 dell'Agenzia Spaziale Ucraina sono stati inviati segnali radio in direzione del sistema planetario di Gliese 581: un'eventuale risposta non potrà raggiungere la Terra prima dell'anno 2049.



NASA/JPL-Caltech/T. Pyle (SSO)

Rappresentazione artistica del Sistema Solare a confronto con un ipotetico sistema planetario di una *nana bruna*, cioè di una piccola stella in cui le reazioni nucleari non sono più attive.



NASA/FUSE/Lynette Cook

Intorno alla stella Beta Pictoris, nella costellazione del Pittore, è presente un addensamento di materia che presumibilmente è un disco proto-planetario, qui illustrato in una rappresentazione artistica.



ESO

Rappresentazione artistica del sistema planetario attorno alla stella Gliese 581.

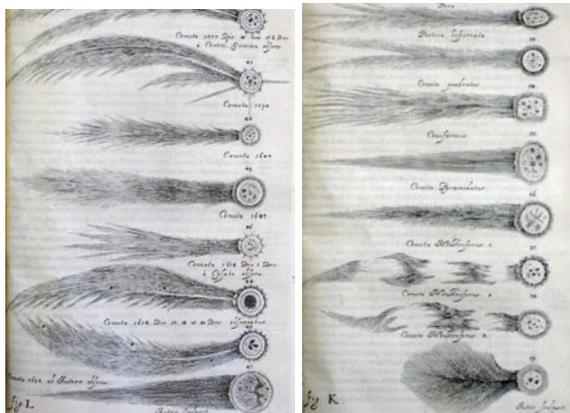
DOMANDA Gliese 581 dista 20,5 anni luce dalla Terra. A quanti chilometri corrisponde tale distanza?

CON GLI OCCHI DI UN FISICO

Comete

Portatrici di disgrazie

Nelle antiche notti buie e stellate, ogni tanto il cielo, lungo la fascia dello zodiaco, era attraversato da un misterioso corpo luminoso, in modo assolutamente inatteso e imprevedibile. Sin dai tempi dei primi osservatori del cielo, ci si chiese che cosa fossero quegli inquietanti oggetti volanti dalla chioma luminosa, che comparivano, attraversavano il cielo per poi scomparire nuovamente nel mistero. Le comete, con il loro moto irregolare e imprevedibile, hanno costituito un grande enigma per gli antichi astronomi. In primo luogo non si capiva bene che cosa fossero: fenomeni atmosferici o celesti? Nel tempo si susseguirono le ipotesi più disparate, da vortici di aria infuocati a luminosità dovute all'affiancamento di due pianeti. Aristotele confrontò il loro moto rettilineo e la loro irregolarità, con i moti circolari e regolari dei pianeti e delle stelle, e le classificò quindi come fenomeni atmosferici, avvicinandole dunque alla superficie terrestre. In analogia alle perturbazioni meteorologiche, si pensò quindi che le comete potessero in qualche modo influenzare lo svolgimento della vita degli uomini, i loro raccolti, la loro salute. Furono quindi ritenute portatrici di sventura, capaci di provocare eventi catastrofici come terremoti, inondazioni, epidemie. Un terremoto e il conseguente maremoto distrussero l'antica città greca di Elike, nel golfo di Corinto, nel 373 a.C., proprio mentre nel cielo splendeva una luminosa cometa: la credenza sembrava proprio essere confermata dai fatti.



Nel 1668 l'astronomo Johannes Hevelius pubblicò la *Cometographia*, in cui sono disegnate le forme di molte comete, spesso assimilate a spade.

PAROLA CHIAVE

Stella

DOMANDA Nell'*Almanacco perpetuo* di Rutilio Benincasa, ad ogni colore di una cometa è associata una particolare sciagura da essa portata. Da che cosa dipende il colore delle stelle?

Cause ed effetti

Nel Medioevo la cattiva fama delle comete si rinforzò. Le cronache del tempo non mancarono di riportare, accanto alla disgrazia verificatasi, anche l'eventuale presenza di una cometa. Le comete e le disgrazie furono quindi collegati da improbabili nessi di causa ed effetto, al punto che ancora nel 1587 nell'*Almanacco perpetuo* di Rutilio Benincasa, si legge:

Cometa quando sarà veduta di color negro, o verde, o rosso significa terremoto.

Cometa quando corre con la coda lunga significa sterilità e mancamenti di frutti.

(Rutilio Benincasa, *Almanacco perpetuo*, 1587)

Nella stessa pubblicazione sono riportate le cronache delle sciagure occorse nei secoli, affiancando ad ognuna di esse la cometa corrispondente. Si legge, per esempio, che nel 704 in Italia iniziò un periodo di carestia associato all'avvistamento di una grande cometa; nel 728 ben due comete provocarono a Costantinopoli una pestilenza che uccise oltre 300 mila persone; altre due comete nell'827 furono capaci di far piovere sangue e sassi, oltre che far tremare la Sassonia con un sisma distruttore; ben tre comete nel 1316 sono responsabili di fame e peste in molti paesi, oltre che di diabolici prodigi come far volare statue e udire voci spaventose... e così via.



L'arazzo di Bayeux è un ricamo lungo, quasi 70 metri, in cui sono narrate in sequenza le vicende della conquista normanna dell'Inghilterra dal 1066. In esso vi è la rappresentazione di una cometa, probabilmente la cometa di Halley, che fu avvistata proprio quell'anno, il 24 aprile.

PAROLA CHIAVE

Plasma

DOMANDA Il vento solare, un tenue plasma di particelle emesse dal Sole, spinge la coda di una cometa in direzione opposta al Sole stesso. Quale interazione ne è responsabile?

Finalmente libere?

Le comete restarono a lungo legate ai destini degli uomini, fino a quando non si capì effettivamente che si trattava di corpi in moto intorno al Sole, similmente ai pianeti, ma con orbite molto più grandi. In occidente i primi dati significativi sul moto delle comete si devono ai lavori di Tycho Brahe, che resero possibile inquadrarle definitivamente come fenomeni celesti. Nel XVII secolo l'astronomo inglese Edmond Halley (1656-1742) applicò la teoria della gravitazione di Newton, al moto di alcune comete la cui comparsa era stata registrata, e riuscì a prevedere il successivo passaggio vicino alla Terra di una di esse. Purtroppo Halley morì prima di vedere confermata la sua predizione, ma la cometa in questione, che porta il suo nome, viene ancora avvistata ogni 76 anni: la prima registrazione del suo passaggio risale all'anno 66.

Le comete furono quindi riconosciute dalla scienza come oggetti in orbita intorno al Sole, con una periodicità lunga, ma in molti casi regolare. Tuttavia la loro cattiva fama di portatrici di disgrazie, alimentata da una superstizione radicata, sopravvisse parallelamente alle spiegazioni scientifiche. Nel 1840 Alessandro Manzoni, nel XXXII capitolo dei *Promessi sposi*, ne testimonia la presenza, prendendone tuttavia le distanze con ironia:

D'ugual valore, se non in tutto d'ugual natura, erano i sogni de' dotti; come disastrosi del pari n'eran gli effetti. Vedevano, la più parte di loro, l'annunzio e la ragione insieme de' guai in una cometa apparsa l'anno 1628, e in una congiunzione di Saturno con Giove [...] Un'altra cometa, apparsa nel giugno dell'anno stesso della peste, si prese per un nuovo avviso; anzi per una prova manifesta dell'unzioni.
(Alessandro Manzoni, *I promessi sposi*, 1840)

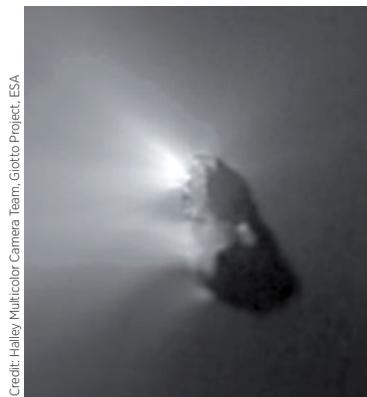


Non solo disgrazie: secondo le Sacre Scritture, la nascita di Cristo è stata annunciata da una cometa. Nell'*Adorazione dei Magi*, nella Cappella degli Scrovegni, Giotto la dipinge grande e luminosa, prendendo a modello la cometa di Halley, apparsa nel 1301.

Portatrici di informazioni

Gli elementi visibili di una cometa sono la sua luminosa chioma e la sua lunga coda, presenti solamente quando essa è al perielio, in prossimità del Sole. Il piccolo nucleo ghiacciato, di forma in genere irregolare e di dimensioni lineari di qualche kilometro, sublima quando è investito dall'energia dei raggi solari, proiettando il materiale gassoso in direzione opposta alla stella. La coda che ne deriva può avere una lunghezza considerevole rispetto alle dimensioni del nucleo, e può arrivare anche a centinaia di milioni di kilometri. Ad ogni passaggio al perielio il nucleo riduce la sua massa in modo violento e vistoso, e ciò rende la vita della cometa relativamente breve e instabile, oltre a complicare i calcoli sulla sua traiettoria. Inoltre al suo passaggio la cometa lascia del materiale pesante sulla sua orbita che, attraversata dalla Terra, interagisce con i gas che compongono l'atmosfera dando luogo al fenomeno delle stelle cadenti.

Le comete vengono da lontano. Si ipotizza che alcune di esse, il cui periodo di rivoluzione è dell'ordine delle centinaia o delle migliaia di anni, provengano dalla cosiddetta nube di Oort, una regione occupata da nuclei di comete che orbitano intorno al Sole su orbite circolari, e che formano quindi una sorta di nube sferica. La nube di Oort dovrebbe trovarsi a una distanza di circa 1 anno luce dal Sole, cioè oltre 200 volte la distanza di Plutone da esso. Ogni volta che una cometa si avvicina a noi, quindi, porta con sé preziose informazioni da luoghi lontani, altrimenti inaccessibili. Analizzando le polveri presenti in alcune comete, inoltre, sono state trovate alcune molecole organiche, che hanno fatto pensare all'ipotesi delle comete come portatrici di vita. Potrebbero essere infatti una possibile spiegazione all'origine della vita sulla Terra.



Il nucleo della cometa di Halley fotografato al passaggio del 1986 dalla sonda Giotto.

Credit: Halley Multicolor Camera Team, Giotto Project, ESA

PAROLA CHIAVE **Universo**

DOMANDA Il passaggio delle comete è stato talvolta associato all'annuncio della fine del mondo. È possibile prevedere quale sarà la fine dell'Universo? Descrivi in 10 righe alcune ipotesi sul destino dell'Universo.