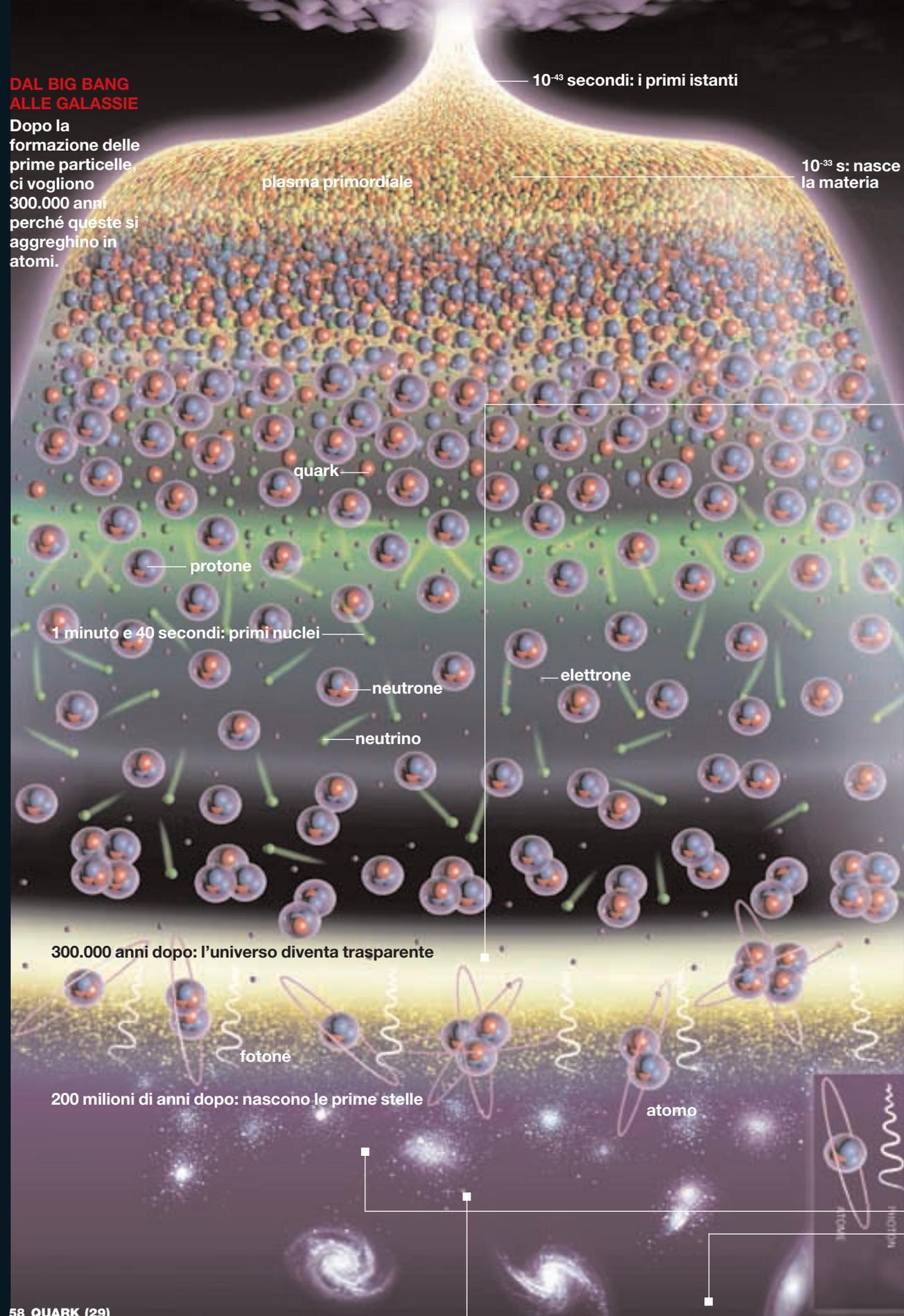


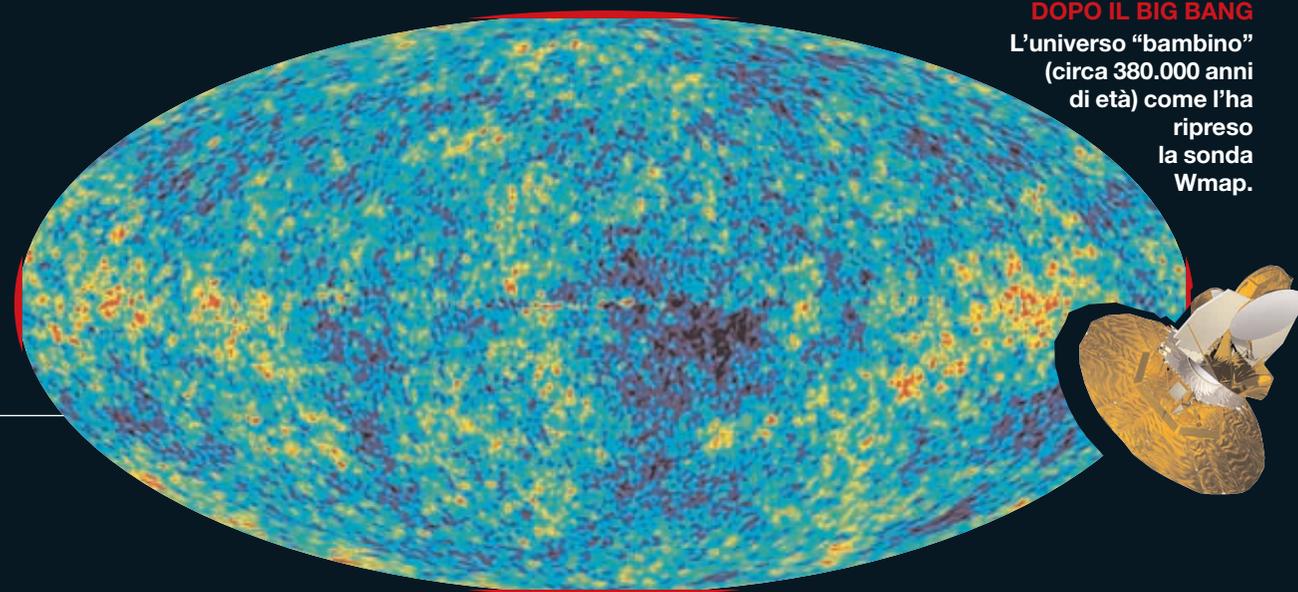
**DAL BIG BANG ALLE GALASSIE**

Dopo la formazione delle prime particelle, ci vogliono 300.000 anni perché queste si aggregino in atomi.



**Scienza\_Sguardi sul passato remoto del cosmo**

**DOPO IL BIG BANG**  
L'universo "bambino" (circa 380.000 anni di età) come l'ha ripreso la sonda Wmap.

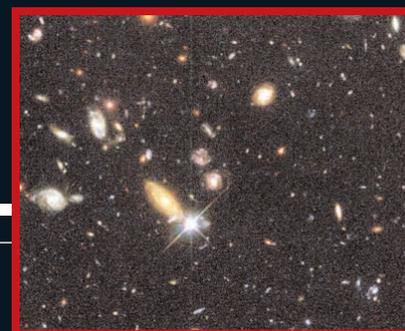


# Chi ha ringiovanito l'Universo?

Il merito va a una sonda capace di cogliere i più flebili sussurri delle microonde provenienti dallo spazio, l'eco del Big Bang. Così si è scoperto che l'universo ha quasi due miliardi di anni meno di quanto si credeva

DI ROSSANA ROSSI

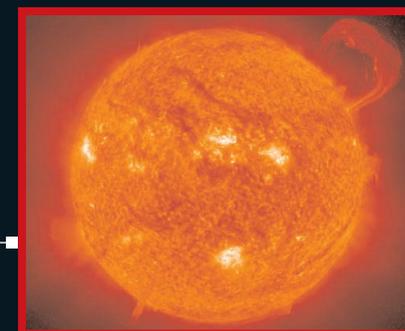
**11 MILIARDI DI ANNI LUCE**  
È la distanza delle galassie più lontane (i punti luminosi più piccoli) qui riprese dal telescopio Hubble.



**47 MILIONI DI ANNI LUCE**  
È la distanza della galassia Sombrero, il cui nucleo è circondato da un curioso disco di polveri.



**8 MINUTI**  
È la distanza della stella più vicina, il Sole, qui ripreso nell'ultravioletto per evidenziarne l'intensa attività.



**U**na pizza azzurra piena di macchie. È questa l'ultima istantanea appena scattata all'universo eppure è la più antica immagine che si ha di lui. Un universo "bambino", anzi, quasi in fasce. L'ha registrata Wmap, sigla che sta per *Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*, ovvero una sonda per misurare l'anisotropia delle microonde, in pratica uno strumento in grado di cogliere anche le minime variazioni di temperatura del cosmo a seconda della direzione in cui lo osserva. David Wilkinson è invece un cosmologo recentemente scomparso che faceva parte del gruppo di ricerca. Wmap, più sensibile delle precedenti sonde Boomerang e Cobe, è riuscita a cogliere la prima immagine veramente dettagliata della luce più antica scaturita dall'universo, quando aveva solo 380.000 anni. A quell'epoca non esisteva nessun corpo celeste, nulla tran-

ne una radiazione diffusa, che presenta però piccolissime disomogeneità, osservate come lievi differenze di temperatura su un fondo uniforme: i "semi" da cui avrebbero avuto origine tutte le stelle e le galassie.

**Solo il 4 per cento dell'universo è**



**spiegabile in termini di ciò che conosciamo**

L'immagine ottenuta da Wmap mostra queste diverse temperature con coloricodice: in rosso e amaranto quelle più calde, in azzurro e turchese le più fredde. Stabilendo gli angoli che esse for-

mano, le grandezza e la distribuzione spaziale di queste fluttuazioni, i cosmologi sono così stati in grado di fare alcune importanti valutazioni. La prima è che l'universo è più giovane del previsto: non ha 15 miliardi di anni, come finora si pensava, ma 13,7, con un margine di errore che non dovrebbe essere superiore all'1%. La seconda è che l'istante delle origini, il Big Bang, è stato seguito da un periodo di espansione rapidissima, la cosiddetta "inflazione", e che le prime stelle si sono accese appena 200 milioni di anni dopo: un dato sorprendente, visto che finora si riteneva che le prime luci del cosmo fossero apparse dopo qualche miliardo di anni. Si è infine riusciti a calcolare che l'universo è composto solo dal 4% di materia comune. L'altro 96% è suddiviso tra un 23% di materia oscura, (quella materia di cui si ipotizza l'esistenza ma che nessuna prova sperimentale ha ancora "messo in luce") e >>

**UNALENTE NELLO SPAZIO**

Il lontanissimo ammasso di galassie Abell 1689: la massa di miliardi di stelle deflette i raggi luminosi deformandoli. A sinistra, il centro della nostra Galassia visto ai raggi X.

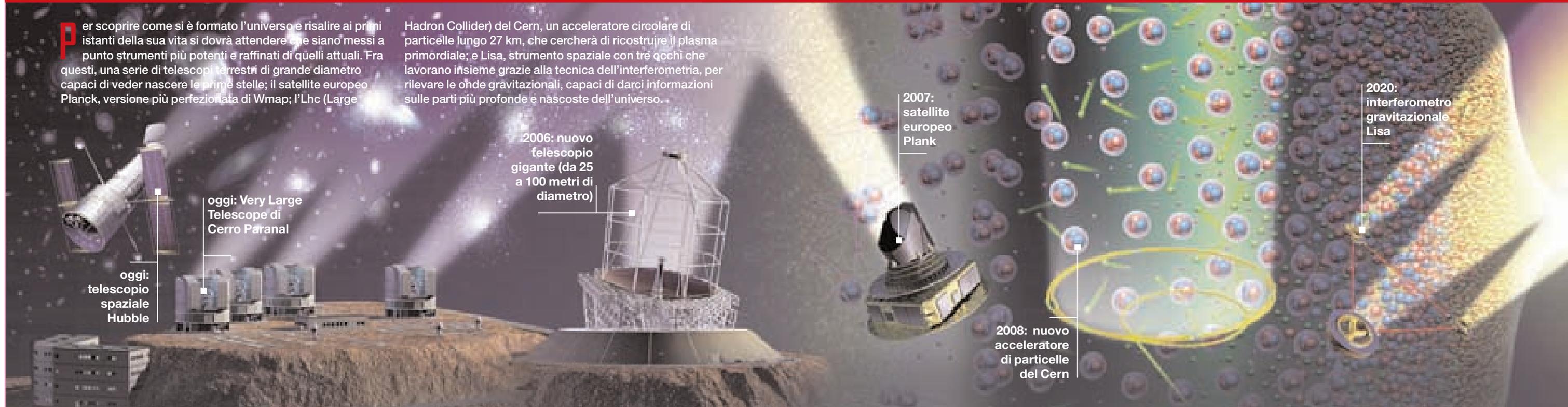


**GLI STRUMENTI FUTURI**

**Da terra o in orbita il nostro sguardo sarà più potente**

**P**er scoprire come si è formato l'universo e risalire ai primi istanti della sua vita si dovrà attendere che siano messi a punto strumenti più potenti e raffinati di quelli attuali. Fra questi, una serie di telescopi terrestri di grande diametro capaci di veder nascere le prime stelle; il satellite europeo Planck, versione più perfezionata di Wmap; l'Lhc (Large

Hadron Collider) del Cern, un acceleratore circolare di particelle lungo 27 km, che cercherà di ricostruire il plasma primordiale; e Lisa, strumento spaziale con tre occhi che lavorano insieme grazie alla tecnica dell'interferometria, per rilevare le onde gravitazionali, capaci di darci informazioni sulle parti più profonde e nascoste dell'universo.



oggi: telescopio spaziale Hubble

oggi: Very Large Telescope di Cerro Paranal

2006: nuovo telescopio gigante (da 25 a 100 metri di diametro)

2007: satellite europeo Planck

2008: nuovo acceleratore di particelle del Cern

2020: interferometro gravitazionale Lisa

>> un 73% di energia oscura, una forma tuttora misteriosa di energia che agirebbe come una specie di antigravità.

**Restano gli interrogativi:** qual è la vera natura della materia e della forza oscura come dalle deboli fluttuazioni di densità presenti dopo il Big Bang si sono formate le strutture cosmiche e quale sarà la futura evoluzione dell'universo? Qualche elemento in più lo si avrà probabilmente dopo il 2007, quando verrà lanciata *Planck*: la sonda europea che dovrà esaminare la "prima luce" con un dettaglio che non è mai stato raggiunto in precedenza e misurare variazioni di flusso provenienti da parti diverse del cosmo e che differiscono dall'intensità media soltanto di qualche parte per milione. Nell'universo, spazio significa tempo e



viceversa, perché la luce non viaggia a velocità infinita. Per esempio, la radiazione che arriva da una galassia lontana un milione di anni luce porta con sé l'immagine di quella galassia quale era un milione di anni fa, perché tanto ha impiegato il raggio luminoso per giungere fino alla Terra. E così, più gli stru-

**UNA NERA CULLA DI STELLE**  
Dista 300 anni luce la nebulosa oscura Barnard 68, dalle cui polveri si formeranno nuovi astri.

menti di osservazione, terrestri o spaziali, riescono a scrutare a distanze sempre maggiori, più si risale indietro nel tempo per osservare un universo sempre più giovane.

**L'importanza di scoprire** ciò che accade negli oggetti celesti più lontani deriva dal fatto che essi mostrano l'aspetto che avevano, miliardi di anni fa, quando la loro luce li ha lasciati: a quel tempo l'universo era più giovane e i processi che vi avevano luogo erano profondamente diversi dagli attuali. Secondo i cosmologi e i fisici che hanno formulato la teoria del Big Bang, la

**UN GUSCIO DI VELI SPLENDENTI**  
La nebulosa planetaria Spirografo, lontana 2.000 anni luce, è quanto resta dell'esplosione di una stella.

materia che costituisce l'universo si è formata a temperature e pressioni inimmaginabili. Nella frazione infinitesima di secondo che segue l'istante iniziale, non vi è che un plasma formato da una miscela di particelle: quark, leptoni, fotoni e neutrini.

Un miliardesimo di secondo dopo il Big Bang, in un inferno di cento miliardi di gradi, si formano i primi protoni e neutroni. Ne segue un'espansione che fa diminuire la temperatura, ma l'universo è ancora una miscela completamente opaca di particelle fittamente addensate, e deve passare un secondo perché i quark comincino a unirsi



formando i protoni e gli elettroni. Poi la temperatura scende a un miliardo di gradi, e protoni ed elettroni si uniscono formando i primi nuclei atomici.

**Per 300.000 anni** il calore rimane così elevato che il gas primordiale, composto soprattutto da idrogeno, è

completamente ionizzato. In queste condizioni, i fotoni rimbalzano da un protone all'altro senza potersi propagare. Nel buio più totale, vanno così formandosi i costituenti della materia primordiale. La temperatura dovrà scendere fino a 5.000 gradi perché tutto, all'improvviso, cambi: gli elettroni si legano ai nuclei dell'idrogeno e dell'elio formando i primi atomi, e i fotoni, che prima erano costretti a interagire con le altre particelle cariche, fluiscono liberamente negli spazi cosmici rendendo l'universo meno denso e più trasparente alle radiazioni: è il "fiat lux" che *Wmap* è riuscito a captare. Ma come si sono prodotte le discontinuità di radiazioni che la sonda ci ha mostrato? È l'interrogativo che si pongono gli scienziati, che ancora non sanno spiegare come l'indifferenziato >>

La Terra non è al centro dell'universo, ma poiché è il luogo in cui noi ci troviamo è stata qui rappresentata come il punto focale di osservazione del cosmo. Tutti gli oggetti che lo popolano ci appaiono com'erano nel momento in cui la luce emessa da questi ultimi, e che viaggia a poco meno di

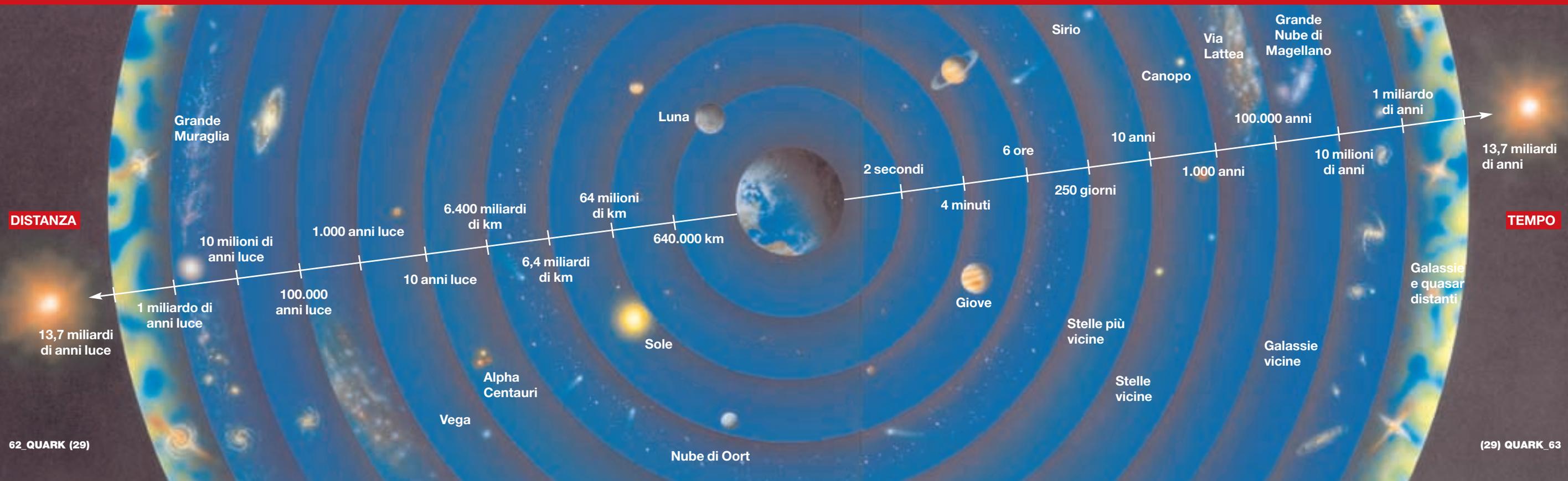
300.000 chilometri al secondo, ci raggiunge. Così, per esempio la Luna, che dista mediamente da noi 348.400 chilometri, ci mostra il volto che aveva poco più di un secondo prima, il Sole quello di 8 minuti prima e la stella più vicina, Proxima Centauri, quello di 2,28 anni prima.

Le scale delle distanze riportate nel disegno, espresse sia in chilometri sia in anni luce, non sono in proporzione, ma aumentano in misura esponenziale via via che si va più indietro nel tempo. Il limite massimo al quale possiamo spingere le nostre osservazioni, e rappresentato dalla sfera

più esterna, è l'istante in cui l'universo diventa trasparente e fa la sua comparsa la luce. Immagini sempre più dettagliate delle radiazioni più antiche, le cosiddette "radiazioni fossili", consentiranno di comprendere meglio di che cosa è fatto l'universo e quale potrebbe essere il suo destino futuro.

LE SCALE DELLE DISTANZE

Il cosmo visto da quaggiù\_ Una lunga strada verso il Big Bang



**TRENTA GIRI  
AL SECONDO**

La Nebulosa del Granchio, distante quasi 7.000 anni luce, che emette intensi flussi di radiazioni. Al suo centro una pulsar pompie più di 30 giri al secondo.

I NOSTRI APPROFONDIMENTI IN RETE

**Glicca per sapere\_Quante sono le dimensioni dell'Universo**

L'idea che il nostro universo possa avere più di 3 dimensioni ci appare contraria alla nostra esperienza, ma i fisici ritengono che in realtà le dimensioni spaziali siano più di 3, forse 4, o 9, o ancora di più! Spazi piani e spazi curvi, dimensioni estese e dimensioni aggomitolate, buchi neri di dimensioni microscopiche... Tutto questo e molto di più sarà spiegato con semplicità sul sito:

<http://scienzaper-tutti.inf.infn.it/Quark/03/Giugno>. *Quark* inaugura con questo numero la collaborazione con il sito web Scienza per tutti (<http://scienza-per-tutti.inf.infn.it>) realizzato dai Laboratori nazionali di Frascati dell'Istituto nazionale di fisica nucleare. Dedicato a chi è curioso per davvero. *E.D.*

>> “brodo” di atomi delle origini abbia cominciato a incresparsi: come cioè, da perfettamente omogeneo, l'universo sia diventato “granuloso” generando le nubi di gas che si sarebbero poi addensate, collassando su se stesse trasformandosi in stelle e galassie. In effetti, gli sguardi che siamo finora riusciti a lanciare nel cosmo ci hanno mostrato uno straordinario spettacolo di oggetti di ogni forma e dimensione: lucenti gusci di gas prodotti dall'esplosione delle supernovae e nubi scure che fanno da culla a nuove stelle, misteriosi quasar e pulsar in rapida rotazione e galassie, ellittiche o spiraleggianti, isolate o raccolte in mostruosi ammassi. Che cosa ci possono dire questi immensi agglomerati di stelle? Fino a una quindicina di anni fa gli astronomi disponevano di molti dati relativi alla loro collocazione sulla volta celeste ma di poche indicazioni sulla loro distanza reciproca. Oggi, dopo le migliorie apportate al telescopio spaziale e l'avvento dei potenti interferometri terrestri,

(telescopi con più occhi che lavorano tutti insieme, come il Very Large Telescope installato sulle Ande cilene), si è passati dalla valutazione della distribuzione bidimensionale a quella tridimensionale, e si è constatato che le galassie e gli ammassi di galassie sono in realtà disposti come sulla superficie di bolle praticamente vuote. Ciò significa che l'universo a grande scala è uniforme in tutte le direzioni.

**Dall'analisi delle galassie** emerge un altro elemento: studiando il modo in cui stelle e nubi di gas ruotano attorno al baricentro galattico, si è scoperto che la loro velocità è maggiore di quanto non ci si aspettasse. Se ne è dedotto che la massa presente è di molto superiore a quella visibile rappresentata dalle singole stelle: segno evidente che a contribuirvi deve essere quella materia oscura che ancora non sappiamo identificare, ma che è necessario ipotizzare per dare senso ai dati raccolti anche da Wmap. Proprio dalla valutazione del reale quantitativo

di materia esistente nell'universo, la cosiddetta “massa critica”, e dell'entità della forza oscura, che accelererebbe la velocità di espansione dell'universo come una specie di antigravità, si potrà alla fine capire il destino che attende il cosmo.

**L'esplosione primordiale** liberata dal Big Bang spinge infatti l'universo a espandersi, mentre l'attrazione gravitazionale della materia opera per tenerlo “unito”. Ma che fine farà? Dipende in gran parte dal braccio di ferro tra queste due forze, dalla loro persistenza e dal loro peso specifico. Le ultime scoperte porterebbero ormai ad escludere il cosiddetto modello chiuso, secondo il quale il numero delle galassie è finito e prima o poi la forza gravitazionale farà ricompri-  
mere tutta la materia in un collasso finale, il “Big Crunch”. Restano ancora validi i modelli dell'universo piatto e di quello aperto. Per il primo, la forza gravitazionale è sufficiente solo a rallentare la corsa del cosmo e

a farlo espandere lentamente all'infinito. Per il secondo, proprio a causa della forza oscura, l'espansione sarebbe molto più rapida. In ogni caso la fine arriverebbe come un sussurro sempre più flebile.

E se il cosmo non fosse quello che noi crediamo? È quanto sostiene l'astrofisico russo Andrei Linde, che lo immagina come una cavità in un mare di materia cosmica superdensa che si espande caoticamente. Questa “culla” genererebbe infinite altre cavità, infiniti altri universi multipli che a noi non sarebbe mai dato di conoscere. **Q**

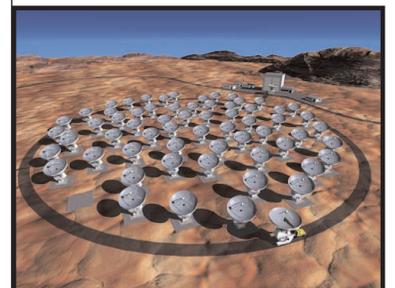
**Link & Libri  
Per i più curiosi**

■ **Origine e fine dell'universo**, di Pippo Battaglia, Walter Ferreri e Margherita Hack, Editore Isonomia.  
■ <http://map.gsfc.nasa.gov/> Sito americano ufficiale di Wmap.

**PROGETTI  
Nuove antenne  
verso il cielo**

Il prossimo telescopio spaziale, l'erede di Hubble, osserverà il cosmo sfruttando una lunghezza d'onda particolare, quella dei raggi infrarossi, che attraversano la polvere dell'universo come la luce fa con il vetro e così ci permettono di osservare sempre più lontano e più indietro nel tempo.

■ Ancora più interessante è però il progetto dell'Atacama Large Millimeter Array (Alma), a cui l'European Southern Observatory ha appena dato il via libera definitivo. Si tratta di un telescopio composto di ben 64 antenne separate che sarà in



grado di osservare la radiazione con una lunghezza d'onda attorno al millimetro (nel disegno qui sopra).

■ La combinazione delle antenne permetterà ad Alma di avere allo stesso tempo una grande sensibilità e la capacità di osservare dettagli molto piccoli. Come nel caso dei raggi infrarossi, anche queste onde millimetriche attraversano senza problemi la polvere e permettono di osservare molto lontano.

■ Gli astronomi sperano addirittura che Alma, definito dal premio Nobel Riccardo Giacconi «uno dei principali strumenti per studiare l'universo», permetterà di osservare le primissime galassie che si formarono nell'universo. Purtroppo però dovranno aspettare ancora un po'. Le prime osservazioni, con un numero ridotto di antenne, inizieranno nel 2007, ma solo nel 2011 funzionerà a piena potenza. *Aldo Conti*