

PARTE

2

# Il tempo, lo spazio, l'Universo, l'atomo

• **Dennis W. Sciama**  
**L'origine dell'Universo**  
*[La natura del big bang]*

• **Sheldon Lee Glashow**  
**Piccolo grande atomo**  
*[Le particelle elementari  
della materia: infinitamente piccole,  
infinitamente misteriose]*

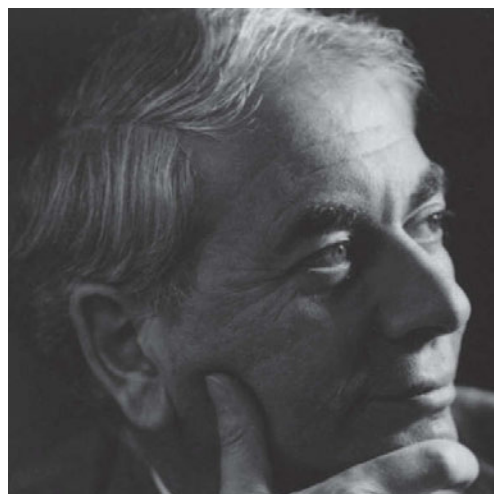
## L'autore e l'opera

Lo scienziato inglese **Dennis William Sciama** (1926-1999) è uno degli studiosi che più hanno segnato la storia dell'astrofisica nel corso del XX secolo.

Seguace inizialmente della teoria dell'Universo stazionario (cioè senza inizio né fine) propugnata da Bondi, Hoyle e Gold - con i quali fu in contatto durante la permanenza a Cambridge - in seguito Sciama fu tra i primi a sostenere la teoria del big bang quando venne scoperta la radiazione di fondo del cosmo.

Professore presso numerose università britanniche e statunitensi, dal 1983 fino ad un anno dalla morte fu direttore della sezione di astrofisica della SISSA (*Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati*) di Trieste.

Il nome di Sciama resta legato agli studi sulla natura dei neutrini come potenziali costituenti della materia oscura e alla teoria dei multi-universi, in base alla quale il nostro è solo uno degli infiniti universi esistenti, ciascuno con caratteri propri e inaccessibili tra loro.



*Il brano che segue è tratto dalla parte iniziale di una conferenza che Dennis Sciama tenne nel 1993, dedicata all'origine dell'Universo. Ricordando le due principali scoperte scientifiche del XX secolo, lo scienziato inglese si chiede quale sia la natura del big bang.*

La più importante scoperta scientifica del XX secolo è che il concetto di Universo come entità unica si è rivelata scelta razionale, accessibile a indagini tramite i metodi della scienza. Ciò non è per nulla ovvio. Sappiamo infatti che la distribuzione della materia nelle nostre vicinanze è altamente irregolare. La logica deduzione era che, ispezionando regioni sempre più ampie, l'irregolarità persistesse o diventasse addirittura più marcata. Tuttavia, oggi è noto come a livello macroscopico<sup>1</sup> l'Universo sia altamente uniforme e possa essere considerato una singola struttura ben organizzata.

### La radiazione cosmica di fondo, la traccia del big bang

La migliore evidenza sperimentale<sup>2</sup> di questa uniformità è costituita dalla radiazione di fondo delle microonde cosmiche<sup>3</sup>. Questo fondo giunge a noi dal *big bang*<sup>4</sup> caldo dell'Universo e si raffredda sistematicamente con l'espandersi di quest'ultimo. Se la distribuzione della materia fosse altamente irregolare, la temperatura del fondo varierebbe in modo apprezzabile con la direzione, dal momento che le irregolarità influenzerebbero l'intensità della radiazione incidente<sup>5</sup>.

Proprio di recente, ridotte variazioni di temperatura sono state scoperte dal satellite COBE (*COsmic Background Explorer*, esploratore della radiazione cosmica di fondo), ma queste fluttuazioni si sono rivelate assai modeste in ampiezza, con un

**1. macroscopico:** a livello dei corpi e degli elementi cosmici visibili.

**2. evidenza sperimentale:** scientificamente dimostrata.

**3. radiazione... cosmiche:** radiazione elettromagnetica residua prodotta dal big bang che permea l'Universo e che

presenta un'intensità maggiore nella regione delle microonde dello spettro elettromagnetico.

**4. big bang:** teoria che spiega l'espansione e lo sviluppo dell'Universo a partire da una fase esplosiva. Il nome di questa teoria ("grande scoppio") si deve allo

scienziato Hoyle sostenitore della teoria opposta (Universo stazionario), che nel corso di una trasmissione radiofonica utilizzò l'immagine del "grande scoppio" per spiegare la differenza fra le due teorie.

**5. incidente:** che incide sul processo.

ordine di grandezza di 1/100000. Questo è il livello di fluttuazioni che ci si aspetta dall'influenza delle galassie primordiali, almeno fino a quando la distribuzione di queste galassie non contenga intrinsecamente variazioni apprezzabili. In tal senso l'Universo sembra essere una struttura ben organizzata.

20

### L'Universo è in continua evoluzione

La seconda più importante scoperta del XX secolo è che questa struttura ben organizzata non è costante nel tempo, ma variabile: l'intero Universo è un sistema in evoluzione. È noto che queste variazioni hanno luogo localmente a livello di Terra, sistema solare e galassia, ma si era portati a pensare che questa evoluzione locale avvenisse contro un fondale invariante nel tempo. Tuttavia, ora siamo consapevoli che il famoso slittamento verso il rosso delle frequenze contenute negli spettri<sup>6</sup> delle galassie indica che l'Universo nella sua totalità muta con il progredire del tempo: si trova cioè in uno stato di espansione a partire dal *big bang* iniziale. C'è di più: questa espansione è piuttosto rapida. Quando la vita ha avuto inizio sulla Terra, le galassie si trovavano a mutua<sup>7</sup> distanza pari alla metà di quella attuale, e il *big bang* era localizzabile soltanto 3 o 4 volte più all'indietro nel passato.

### Qual è la natura del big bang?

Che cosa si può dire a proposito della natura di questo *big bang*, che costituisce l'origine dell'Universo, almeno per i nostri attuali livelli di conoscenza, anche se può non essere stato l'origine della realtà nel suo complesso? La risposta a questa domanda dipende dalla comprensione dei famosi teoremi di singolarità di Roger Penrose e Stephen Hawking<sup>8</sup>.

Il primo teorema di singolarità è stato scoperto nel 1965 da Roger Penrose prendendo in considerazione il collasso gravitazionale di una stella spenta. Egli trovò che una stella dotata di massa sufficientemente grande collaserebbe secondo una modalità tale per cui (in accordo con la teoria della relatività generale di Einstein) il campo gravitazionale al suo centro diverrebbe infinito. Ciò sarebbe vero anche secondo la teoria di Newton, ma soltanto nel caso altamente idealizzato di un collasso di una distribuzione di materia esattamente sferica. Allora ogni atomo della stella raggiungerebbe il suddetto centro nel medesimo istante instaurando una densità infinita, vale a dire una *singolarità*<sup>9</sup>. La singolarità newtoniana è artificiale nel senso che la pur minima deviazione generale da una distribuzione sferica impedirebbe il crearsi di una singolarità, i differenti atomi convergendo in tal caso in prossimità del centro della stella in istanti di tempo differenti.

La grande scoperta di Roger Penrose è che nella relatività generale tali deviazioni non impedirebbero la creazione di una singolarità. La ragione fisica di tale evento è che in relatività il campo gravitazionale è esso stesso sorgente di gravità, così come la materia. Una volta che la stella diventa sufficientemente compatta, la gravità extra che ne risulta contribuisce a spingere il sistema verso una singolarità.

All'epoca di questa scoperta, Stephen Hawking era uno studente della mia classe presso l'Università di Cambridge. Decidemmo di andare a Londra per assistere a un seminario di Penrose sulla sua scoperta. Dopo il seminario Hawking realizzò come l'analisi matematica di Penrose potesse essere adattata per studiare l'origine a *big bang* dell'Universo. Il punto focale del ragionamento è che se, mentalmente, si capovolge il senso di marcia del tempo, l'Universo in espansione diventa un universo in

---

**6. slittamento... spettri:** lo scivolamento delle radiazioni elettromagnetiche verso le frequenze del rosso.

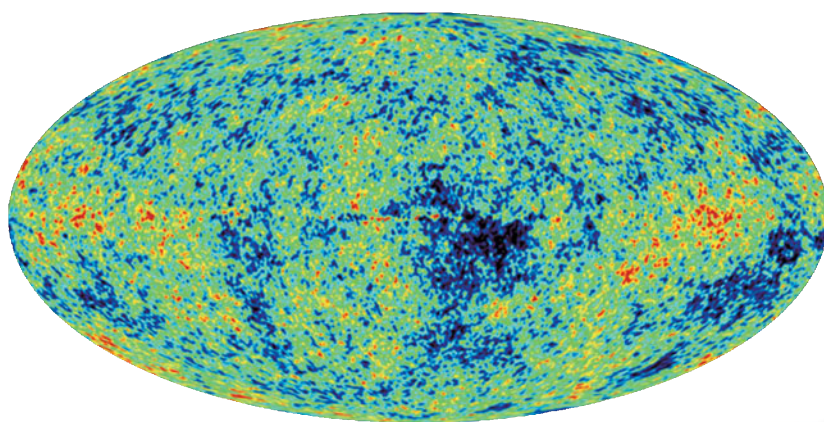
**7. mutua:** reciproca.

**8. Roger Penrose e Stephen Hawking:** fisici, matematici e cosmologi inglesi, Roger Penrose (1931) e Stephen Hawking

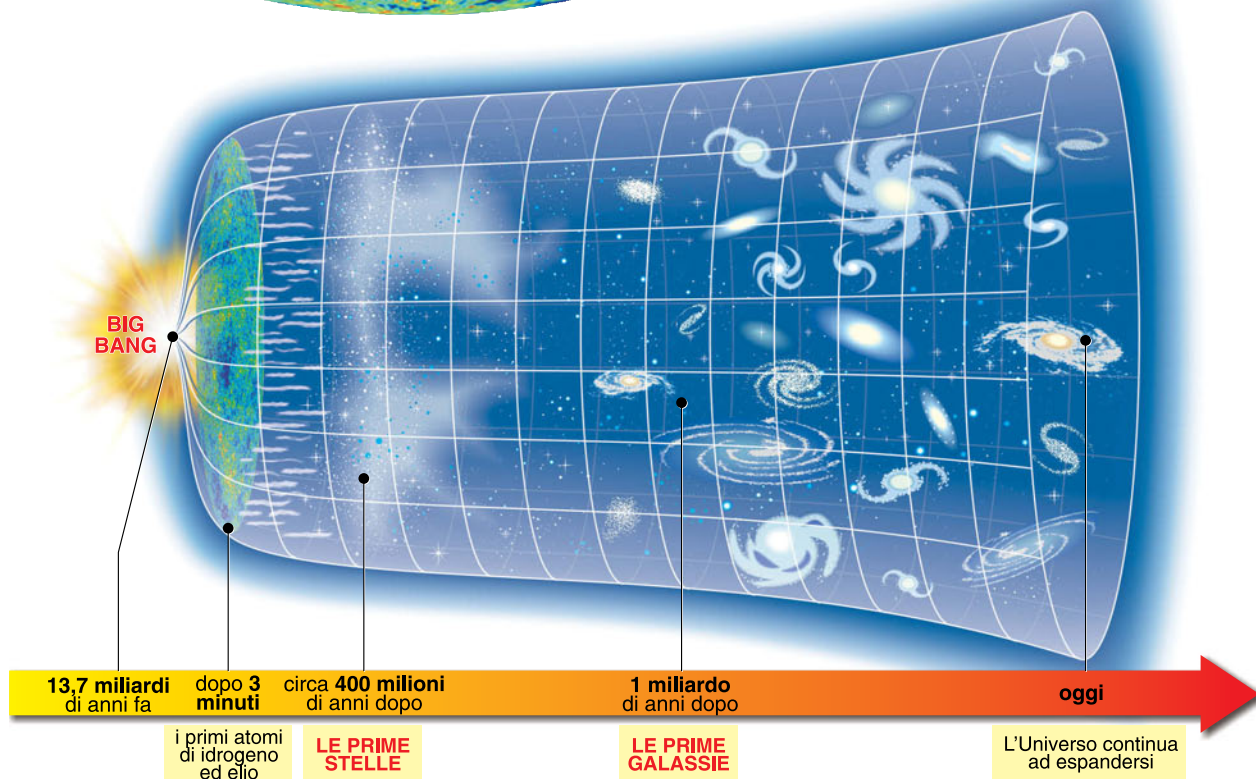
(1942) hanno lavorato alla teoria dei buchi neri e delle singolarità gravitazionali dello spazio-tempo.

**9. singolarità:** con questo termine in fisica si intende un evento in cui alcune grandezze fisiche assumono un valore infinito; è il caso, ad esempio, dei buchi

neri. In senso generale per singolarità si intende il verificarsi di un evento che appare assurdo in base alle nostre conoscenze e che toglie consistenza logica ad una teoria.



Mapa della radiazione fossile diffusa nell'Universo. I diversi colori corrispondono a lievi variazioni di intensità della radiazione: queste potrebbero segnalare addensamenti della materia iniziale che avrebbero dato origine alle future stelle e galassie.



Ricostruzione dei principali eventi successivi al big bang. Subito dopo la "grande esplosione", che libera una quantità immensa di energia, tra cui radiazioni luminose (fotoni), l'Universo si espande e inizia a raffreddarsi.

contrazione e questo sistema può venire considerato analogo al collassamento<sup>10</sup> di 60 una enorme stella. Hawking ebbe successo nell'adattare i metodi di Penrose ai suoi scopi e fu in grado di dimostrare che, in accordo con la relatività generale, il *big bang* deve essere stato una singolarità.

### Il big bang e la teoria della relatività generale

Questi teoremi di singolarità hanno avuto un effetto devastante sull'autoconsistenza logica della relatività generale. Quando si costruisce una teoria, si assume<sup>11</sup> che 65 lo spazio-tempo con il quale ci si trova a trattare *non* contenga singolarità. Questa assunzione è necessaria per procedere alla costruzione di un modello matematico. Tuttavia la teoria che ne risulta mostra, nella maggioranza dei casi, lo sviluppo di singolarità. Ciò significa che la teoria è matematicamente contraddittoria. Sembra proprio che la relatività generale contenga in sé i semi della propria distruzione. 70 Questo risultato rappresenta una delle più gravi crisi intellettuali del nostro tempo.

Dennis W. Sciama, intervento alla Conferenza tenuta per *L'Associazione Culturale Italiana*, marzo 1993 (traduzione di Nicola Pacilio)

**10. collassamento:** fase conclusiva della vita di una stella, in cui la materia precipita verso il nucleo centrale.

**11. si assume:** si ammette per ipotesi,

si presuppone; questo significato di *assumere* è un calco lessicale del verbo inglese *to assume*; lo stesso discorso vale per il successivo *assunzione*, "ipo-

tesi, supposizione", calco dell'inglese *assumption*.