



L'ordine del caos

di GUIDO TONELLI

Forse avevano davvero ragione i Greci. Che in principio era il *Chaos*. Le molte osservazioni della fisica moderna sembrerebbero confermare che l'origine dell'universo materiale che ci circonda si nasconde nell'ipotesi più semplice. Che tutto cioè abbia avuto inizio da una minuscola fluttuazione quantistica del vuoto, gonfiata a dismisura da un processo che chiamiamo inflazione cosmica. Molti dettagli del fenomeno ancora ci sfuggono, a partire dall'identità della particella materiale, l'*inflaton*, che, estratta dal vuoto per meccanismo puramente casuale, ha dato inizio alla meravigliosa sara-banda. Ma che l'universo intero provenga dal vuoto, o, per meglio dire, sia tuttora, ancora e semplicemente, uno stato di vuoto che ha subito una metamorfosi, sembra essere l'ipotesi più convincente della moderna cosmologia; o perlomeno quella più consistente con una serie innumerevole di osservazioni.

Ecco che la scienza del XXI secolo fa ritornare d'attualità il racconto di Esiodo, quella *Teogonia* che racchiude l'origine del tutto in un verso splendido e fulminante: «All'inizio e per primo venne a essere il *Chaos*». Affermazione perfettamente conforme all'immagine che la scienza ci offre, a patto di non utilizzare la traduzione più comune e diffusa di *Chaos*; quella che lo interpreta come disordine, insieme indifferenziato. Piuttosto occorre ripristinare il significato originario della parola, che trova assonanza nel verbo *chasko*, inghiottito, e diventa l'immensa voragine, una nera gola spalancata, l'abisso senza fondo, il gorgo te-

nebroso, l'enorme vuoto capace di ingoiare e contenere qualunque cosa.

Ci vorranno prima Anassagora e poi Platone per associare alla parola il concetto di disordine. Con loro il *Chaos* diviene il recipiente della materia informe che attende di essere ordinata da un principio superiore. Sarà la Mente, o il Demiurgo, a dare forma a quel materiale vile e rozzo e a costruire il *Kosmos*, il sistema organizzato e perfetto che regola e governa tutto.

Da allora il pregiudizio ha prevalso e ha resistito per millenni. Al punto che si continua tuttora a usare il termine *cosmo* per indicare l'intero universo, col paradosso di indicare con questo nome, quello che pensiamo sia il suo esatto opposto, appunto il caos.

Non deve stupire che questo sia accaduto. Noi ominini siamo qui da pochi milioni di anni, a vivere esistenze di durata infinitesima rispetto ai cicli caratteristici di qualunque processo cosmico di rilievo; abitiamo un tiepido pianeta roccioso, ricco di acqua e circondato e protetto da una confortevole atmosfera e da un benevolo campo magnetico; specie di magiche coperte che assorbono i temibili raggi ultravioletti e ci schermano dagli effetti devastanti dei raggi cosmici e degli sciami di particelle provenienti dai vari corpi celesti che ci circondano. La nostra stella-madre, il placido Sole, una stella di media grandezza, grosso modo «nel mezzo del cammin» della sua vita, abita una regione molto tranquilla e piuttosto periferica della galassia che ci ospita.

L'intero sistema solare orbita lentamente, si fa per dire, a 30 mila anni luce di distanza dal centro della Via Lattea dove si annida un mostruoso buco nero, Sagittarius-A; un oggetto pesante quattro

milioni di masse solari, capace di distruggere a migliaia, con i fenomeni che sviluppa nelle sue vicinanze, le stelle che lo circondano. Ma noi siamo a distanza di sicurezza e tutto ci appare sereno e armonioso.

Siamo così condizionati dal contesto in cui si svolge la nostra vita quotidiana, da quello che vediamo e sperimentiamo abitualmente nel sottile guscio sferico che abitiamo, che diventa naturale immaginare che le leggi che regolano la nostra esistenza siano le stesse che vigono in ogni altro angolo dell'universo. Incantati dalla regolarità con cui la notte insegue il giorno, dall'implacabile ricorrenza dei cicli lunari e delle stagioni, ipnotizzati dalla persistenza delle stelle che illuminano la volta celeste, abbiamo immaginato che ovunque, attorno a noi, si siano instaurati equilibri analoghi; e il tutto ci è apparso come il regno dell'ordine e dell'armonia. Ma non è così. Al contrario.

È bastato osservare con attenzione i fenomeni che interessano corpi celesti apparentemente stazionari e placidi, come le miriadi di stelle che ci circondano, per imbattersi in oggetti incredibili come le pulsar, i quasar o i blazar.

Ecco la scoperta strabiliante: immense quantità di materia possono comportarsi in modo molto eccentrico. Attorno a noi centinaia di galassie contengono corpi celesti così massicci da dare origine a comportamenti assolutamente bizzarri, talvolta paradossali.

È il caso delle pulsar, oggetti tenebrosi e compatti, che concentrano in un raggio di circa 10 chilometri la massa di uno o due soli. Miriadi di neutroni imprigionati dalla gravità, che li schiaccia, li comprime e cerca di frantumarli, mentre la stella ruota vorticosamente su sé stessa produ-



cendo gli immani campi magnetici che si nascondono dietro le emissioni regolari di onde elettromagnetiche registrate dai nostri strumenti.

Per non parlare di quasar e blazar, corpi ultra-massivi che ruggiscono al centro di galassie sconquassate dalla loro presenza. Buchi neri con masse spropositate, fino a un miliardo di volte quella del Sole, capaci di sbranare e inghiottire le malcapitate stelle che finiscono accalappiate dal loro mostruoso campo gravitazionale. Una danza macabra che si sviluppa per milioni di anni e che possiamo osservare dal pianeta Terra perché la materia che precipita, spiralizzando, nell'abisso, si contorce, si disintegra e finisce per emettere getti altamente energetici e raggi gamma di inaudita potenza che i nostri rivelatori sono in grado di identificare.

Questi strani corpi celesti, stelle di neutroni e buchi neri, che sono all'origine delle immani catastrofi che paiono l'ordinaria amministrazione di intere regioni del «cosmo», possono essere studiati oggi con grande precisione. Li abbiamo visti addirittura entrare in collisione fra loro e squassare lo spazio tempo con onde gravitazionali che ci hanno raggiunto a miliardi di anni luce di distanza. Ma per capire come, sotto l'apparenza del Kosmos, si nasconda, ancora una volta, il Chaos, non occorre guardare così lontano. Basta osservare da vicino la superficie del nostro Sole.

Quello che ci appare un astro tranquillo, che illumina placidamente le nostre attività, visto da vicino diventa un sistema complesso e caotico, fatto di innumerevoli esplosioni termonucleari, moti convettivi giganteschi, oscillazioni periodiche di masse spaventose e flussi di plasma proiettati tutt'intorno da imponenti campi magnetici. All'interno della nostra stella c'è uno scontro di forze titaniche, battaglia che dura da innumerevoli anni, con un vincitore annunciato, la gravità. Fra qualche miliardo di anni, con l'esaurirsi del combustibile nucleare, essa riuscirà finalmente a frantumare e schiacciare gli strati interni portando al collasso la nostra amata stella. Il nucleo centrale verrà compresso catastroficamente, mentre gli strati più esterni verranno espulsi a grande velocità e raggiungeranno in pochi minuti Mercurio, Venere e la Terra, facendoli evaporare all'istante.

Ancora una volta, sistemi fortemente caotici, visti da lontano ci appaiono come ordinati e regolari. È un po' quello che succede anche all'altro estremo delle osservazioni, nel mondo microscopico dell'infinitamente piccolo.

Se si osserva da molto vicino la più lucida e levigata delle superfici, ci si imbatte subito nella danza caotica dei componenti elementari della materia che fluttuano, oscillano, interagiscono e cambiano natura a un ritmo frenetico. Quark e gluoni che compongono protoni e neu-

troni cambiano stato continuamente, incessantemente, interagendo fra loro e con miriadi di particelle virtuali che li circondano. La materia sul piano microscopico segue implacabilmente le leggi della meccanica quantistica, dominate dal caso e dal principio di indeterminazione. Nulla sta fermo, tutto ribolle in una fantasmagoria cangiante di stati e possibilità. Ma quando il meccanismo coinvolge grandi numeri, quando le strutture diventano macroscopiche, i meccanismi che ne regolano la dinamica acquistano, quasi magicamente, caratteristiche di regolarità, persistenza, ordine ed equilibrio.

Ancora una volta la sovrapposizione di un numero spaventoso di fenomeni microscopici casuali, che si sviluppano in tutte le direzioni possibili, produce stati macroscopici ordinati e persistenti. Poiché siamo anche noi, col nostro corpo formato da miliardi di miliardi di miliardi di atomi, un organismo macroscopico, ecco che tutto quanto ci circonda abitualmente ci sembra il regno incontrastato dell'ordine e della tranquillità.

Forse bisognerà inventare un concetto nuovo per descrivere questo dato che sembra realmente strutturale. *L'ordine del caos* potrebbe essere l'ossimoro giusto per mettere in relazione le due entità che nell'universo si rincorrono e giocano a rimpiattino. È un gioco che osserviamo quando scandagliamo gli anfratti più minuti del mondo delle particelle elementari, ma che agisce anche a grande scala, quando si osserva che cosa accade nel cuore di strutture gigantesche, come le galassie o gli ammassi di galassie.

IN DEDICAZIONE DICCEMIATA

A noi l'universo sembra un sistema organizzato perché siamo abituati a vivere in un ambiente ospitale. Ma in realtà il cosmo è dominato da immense turbolenze: pulsar, quasar, blazar, buchi neri. Il nostro Sole che appare tranquillo è un campo di battaglia tra forze titaniche con continue esplosioni termonucleari e flussi di plasma proiettati in ogni direzione. Anche sotto l'apparenza degli oggetti semplici e delle superfici levigate troviamo la danza frenetica dei fenomeni microscopici casuali. Aveva ragione Esiodo, che al principio pone un abisso senza fondo. Sbagliavano Platone e Anassagora, convinti che una mente suprema governasse il mondo



L'appuntamento

S'intitola *Passione per la conoscenza, amore per la bellezza: le nuove sfide della ricerca* la conferenza che Guido Tonelli tiene giovedì 25 ottobre a Torino (ore 18.30) presso l'Auditorium del grattacielo Intesa Sanpaolo (corso Inghilterra 3). L'incontro chiude il programma 2018 del progetto culturale di Intesa Sanpaolo *Immaginare il futuro. Conversazioni sui grandi cambiamenti e le sfide del domani*, ideato e diretto da Giulia Cogoli, al quale hanno partecipato nomi prestigiosi: lo storico Timothy Garton Ash, l'economista Muhammad Yunus e il sociologo Richard Sennett. Tonelli, fisico pluripremiato del Cern di Ginevra e autore per Rizzoli di libri divulgativi come *La nascita imperfetta delle cose* (2016) e *Cercare mondi* (2017), si soffermerà sulle nuove sfide della ricerca scientifica, riguardanti i fenomeni all'origine dell'universo e gli indizi che permettono di formulare ipotesi sulla sua fine

Il mito

La *Teogonia* è un'opera in versi del poeta greco Esiodo, collocabile, come gli altri suoi testi, tra la fine dell'VIII e l'inizio del VII secolo avanti Cristo. In questo poema, che racconta le origini del mondo e la genealogia degli dèi ellenici, l'autore colloca all'inizio di tutte le cose il *Chaos*, un termine piuttosto oscuro che non significa assoluto disordine, ma piuttosto spazio aperto, voragine, vuoto nebuloso

Bibliografia

Un libro divulgativo uscito quest'anno sulle questioni scientifiche più importanti che riguardano la natura del cosmo è il saggio di Neil deGrasse Tyson *Astrofisica per chi va di fretta* (traduzione di Giuseppe Bozzi, Raffaello Cortina, pagine 140, € 14). Molto utile sugli stessi argomenti il libro di John. D. Barrow *Le*

origini dell'universo (prefazione di Giovanni Caprara, traduzione di Aldo Serafini, Bur, 2009). Si sofferma sulla rivoluzionaria e controversa «teoria delle stringhe» il saggio di Brian Greene *L'universo elegante* (a cura di Claudio Bartocci, traduzione di Luigi Civalleri e Claudio Bartocci, Einaudi 2015). È stato oggetto di polemiche da parte di ambienti religiosi per via della sua visione alternativa a ogni idea di trascendenza il libro divulgativo di Lawrence Krauss, *L'universo dal nulla* (traduzione di Valeria Valli, postfazione di Richard Dawkins, Macro, 2013). Importanti anche le opere del fisico Stephen Hawking, scomparso nello scorso marzo: *Dal big bang ai buchi neri* (introduzione di Carl Sagan, illustrazioni di Ron Miller, traduzione di Libero Sosio, Rizzoli 1989); *La teoria del tutto* (traduzione di Daniele Didero, Bur, 2004); Più recente il saggio scritto da Hawking assieme a Leonard Mlodinow *Il grande disegno* (traduzione di Tullio Cannillo, Mondadori, 2011). Da segnalare inoltre le opere di un'altra firma de «la Lettura», Carlo Rovelli: *La realtà non è come ci appare* (Raffaello Cortina, 2014); *Sette brevi lezioni di fisica* (Adelphi, 2014); *L'ordine del tempo* (Adelphi, 2017)

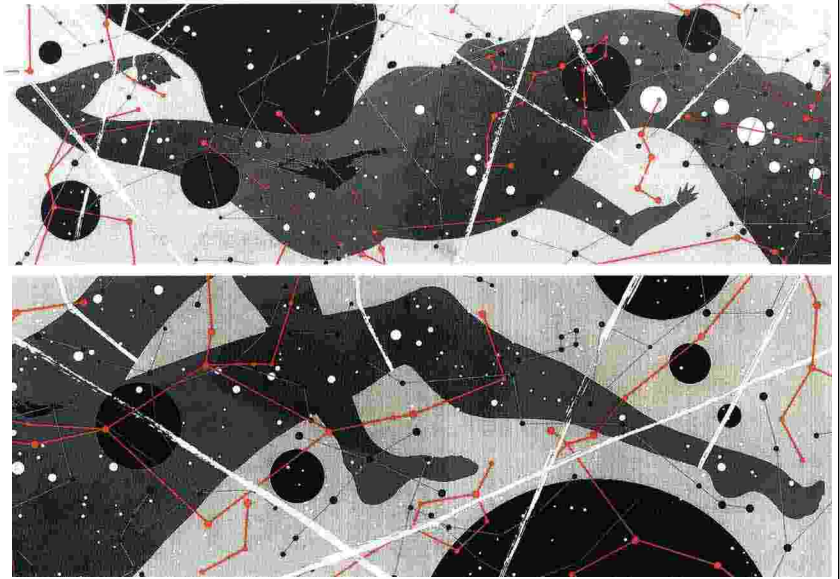


ILLUSTRAZIONE DI NATHALIE COHEN



Ritaglio stampa ad uso esclusivo del destinatario, non riproducibile.