

INTRODUZIONE

Sono per il 99,9999999999995% spazio vuoto. Quasi un perfetto nulla.

Eppure costituiscono tutto ciò che vediamo, tocchiamo, annusiamo, assaggiamo e sentiamo. Ci nutrono e ci vestono. Il loro moto, a seconda dell'intensità, ci fa sentire caldo o freddo. Generano le nostre speranze, sogni e memorie. Vivono in un isolamento totale o in strutture molto complesse. Segnano il passare del tempo e possono rivelarci i segreti del passato, che altrimenti rimarrebbero ignoti.

Sono gli atomi.

Nessuno di noi ha mai visto un atomo, sebbene essi permeino il nostro mondo. Questo non ci stupisce, se consideriamo che non solo essi sono per la maggior parte costituiti da spazio vuoto, ma che sono anche molto, molto piccoli: ce ne vogliono 15 miliardi di miliardi per fare un singolo seme di papavero.

Abbiamo imparato come interloquire direttamente con questi bit di *quasi nulla*, tanto che possiamo far loro delle domande molto intime, modificarne i loro stati interni e leggere le loro complesse storie. Come sei finito sulla pagina di quel "libro d'ore" medievale? Quando sei stato applicato alla parete di quella grotta per dipingere un dettaglio della groppa di un cervo? Qual era la temperatura quando cadesti, contenuto in un fiocco di neve, su quel ghiacciaio della Groenlandia? Dove eri quando la Terra si condensò a partire dal materiale che orbitava attorno al Sole in formazione? Cosa stavate facendo, tu e i tuoi simili, durante i primi tre minuti di esistenza dell'universo?

A queste e altre domande gli atomi, opportunamente stimolati, sono pronti a rispondere.

Dal libro di preghiere del quindicesimo secolo, arrossendo: "Sono stato aggiunto un po' dopo, nel 1896".

Dalla parete della caverna: "Successo 17.150 anni fa, decennio più, decennio meno".

Da un chilometro al di sotto della superficie ghiacciata della Groenlandia: “-25,5 °C”.

Dalla fascia principale degli asteroidi: “Molto lontano dalla tua avida orbita!”.

Da uno degli atomi primordiali, contenuto in una delle nostre unghie: “Stavo per fare amicizia con un simpatico nucleo di Deuterio”.

Gli atomi sono pronti a guidarci anche nel rispondere a domande più complesse: come cambiò la dieta dell'uomo attraverso le varie epoche e quando riuscimmo a ottenere dei raccolti che ci permisero di abbandonare la vita nomade? Quando e perché i dinosauri scomparvero improvvisamente, dopo 180 milioni di anni di dominio? Perché la vita si formò così rapidamente dopo la creazione della Terra e perché le sue molecole chiave sono tutte *levogire*? Quando, nella storia dell'universo, fu forgiato l'oro con cui è fatta la mia fede matrimoniale?

Esaminando, contando, eccitando e trasformando i nostri piccoli storici ricaviamo delle risposte dettagliate a queste e a molte altre domande. Ma, prima di tutto, abbiamo bisogno di un'introduzione un po' più formale.

La parola “atomo” deriva dal greco e vuol dire “indivisibile”. Nella loro concezione originaria gli atomi erano proprio questo: le particelle più piccole e indivisibili della materia. Duemilacinquecento anni fa, quando nacque questa idea, in occidente si trattava di un concetto puramente filosofico: il mondo era composto da un'enorme quantità di sostanze tali che, prendendone una, per esempio del legno, e dividendola in due, poi ancora in due e così via, fino a raggiungere la più piccola particella possibile, si sarebbe ottenuto un “atomo” di legno. Non vi era alcun modo per dimostrare questa idea, ovviamente, ma non suonava certo come completamente assurda.

Nell'antica Grecia, quel concetto venne superato da una filosofia alternativa, che aveva una visione più semplice della materia: doveva essere costituita da differenti proporzioni di solo quattro sostanze elementari: terra, aria, fuoco e acqua. Di conseguenza, l'idea dell'atomo venne largamente dimenticata per quasi 2000 anni. Ma nel sedicesimo secolo, dopo essere stato preservato all'interno del mondo arabo, il concetto di atomo riemerse anche nel mondo occidentale, dapprima riabilitato agli occhi della Chiesa come una creazione di Dio e poi, nel diciottesimo secolo, come il soggetto di studi empirici.

Oggi abbiamo mantenuto la loro accezione di mattoncini fondamentali, ma abbiamo abbandonato l'idea che siano indivisibili. Infatti, adesso conosciamo i costituenti degli atomi con grande dettaglio: un nucleo complesso e carico positivamente, fatto di protoni e neutroni (a loro volta composti da entità ancor più fondamentali, che chiamiamo quark) circondato da elettroni, che hanno carica negativa e appar-

tengono a un'altra categoria di particelle, chiamate leptoni. In realtà, anche la nostra raffigurazione di questi costituenti come "particelle", ovvero bit di materia che si trovano in un certo luogo e che viaggiano a una particolare velocità, è stata superata e rimpiazzata dalla non intuitiva chimera quantistica delle onde-particelle.

Ma per il momento possiamo tralasciare quest'ultima complicazione e fermarci al fatto che abbiamo ristabilito il concetto secondo il quale l'unità più piccola di qualunque sostanza è l'atomo, o una loro particolare e definita combinazione. Inoltre, adesso sappiamo che la storia dell'universo e di tutto ciò che contiene è scritta nelle particolari disposizioni dei costituenti atomici fondamentali, leptoni e quark, disposizioni che includono i mattoncini base di tutta la materia normale che troviamo oggi nel cosmo. Se comprendiamo le leggi fisiche che governano il comportamento di queste particelle possiamo leggere la storia dell'universo, proprio come possiamo leggere i documenti storici che gli umani hanno prodotto secoli fa, se ne conosciamo le leggi grammaticali e sintattiche. Sebbene gli atomi non abbiano pregiudizi culturali, che invece gli storici potrebbero avere, essi possiedono però dei "pregiudizi fisici" tutti loro. Dovremo quindi essere molto attenti, quando esamineremo i nostri piccoli amici per estrarne delle informazioni storiche.

Una cosa molto importante, comunque, è che i nostri "storici atomici" ci consentono di accedere a tempi di molto antecedenti rispetto ai nostri documenti scritti più antichi, permettendoci di ricostruire una descrizione quantitativa di ciò che gli studiosi chiamano preistoria. Inoltre, ci rivelano la storia del nostro pianeta prima che entrassero in scena gli umani: la cronologia del clima della Terra e dell'evoluzione della sua atmosfera, il sorgere della vita, la nascita del Sistema Solare e perfino, anche se un po' auto referenziante, la storia degli atomi stessi, indietro nel tempo fino alla creazione delle loro particelle costituenti, durante i primi microsecondi dopo il Big Bang.

Come abbiamo notato prima, gli atomi sono piccolissimi: miliardi di essi potrebbero ballare sulla punta di uno spillo, senza pestarsi i piedi l'uno con l'altro. La loro struttura interna, in realtà, è come un elaborato minuetto di particelle cariche e il ritmo della loro danza può essere utilizzato per identificarle anche a distanze di miliardi di anni luce. È impressionante, ma gli atomi che vediamo là fuori nel cosmo sono identici a quelli di cui siamo fatti noi.

Ma come ci apparirebbero questi piccoli bit di quasi nulla? Se posizionassimo una palla da tennis fuori dal mio ufficio, all'angolo tra la 120^a strada e Broadway, a Manhattan, per rappresentare il nucleo di un atomo di Idrogeno (il più semplice di tutti), il suo elettrone orbiterebbe da qualche parte tra la 96^a e la 145^a strada, ovvero a circa due

chilometri di distanza; camminando di buon passo, ci metteremmo quasi mezz'ora ad arrivare là. E cosa vedremmo? Per la maggior parte nulla perché (1) l'elettrone, su questa scala, sarebbe circa 100.000 volte più piccolo di un granello di sabbia e (2) sfreccerebbe qua e là a più di 2.000 km al *secondo*: una nuvola probabilistica evanescente, estremamente difficile da individuare.

Nonostante ciò, la nostra profonda conoscenza degli atomi ci permette di avere un notevole controllo sul loro comportamento, la qual cosa rende possibile il nostro modo di vivere moderno. Per esempio, l'atomo con numero 55, il Cesio, definisce la base del nostro sistema di riferimento temporale: un secondo equivale esattamente a 9.192.631.770 oscillazioni dell'onda di luce emessa dalla transizione di questo atomo fra due dei suoi stati di eccitazione¹. Il sistema GPS presente nei nostri smartphone si basa su questo fenomeno, sfruttando degli orologi atomici in orbita, il cui livello di accuratezza è pari a un secondo ogni 32.000 anni. Tutto questo per poter sapere dove si trova il più vicino Starbucks. I nostri stessi smartphone, essendo fatti di atomi come ogni altra cosa, si basano sull'abilità che abbiamo acquisito nel manipolare i costituenti degli atomi in modo preciso e affidabile, un istante di tempo dopo l'altro. Il cibo che mangiamo, i farmaci che assumiamo, il carburante che bruciamo quando guidiamo la nostra auto, tutto funziona grazie alla nostra capacità di maneggiare gli atomi.

Sebbene gli atomi non siano indistruttibili (vedremo più avanti le conseguenze sia del loro decesso, sia della loro trasformazione), sono comunque dei mattoncini incredibilmente solidi che, nelle condizioni presenti sulla Terra, tendono a mantenere la propria identità per un tempo indefinito. Perciò, gli atomi di cui sono fatti i nostri corpi *sono* gli atomi del cibo che abbiamo mangiato, dell'acqua che abbiamo bevuto e dell'aria che abbiamo respirato. 50.000 miliardi di miliardi per ogni grammo. Quel cibo, a sua volta, era composto dagli stessi atomi che le piante, alla base della catena alimentare, avevano assorbito dall'aria ed estratto dal suolo tramite le loro radici. Gli atomi dell'aria e del suolo contengono atomi derivanti dai processi geologici e biologici che avvengono sulla superficie terrestre, in particolare dall'azione collettiva della nostra specie. Gli atomi rilasciati e riorganizzati da questi processi vennero originariamente raccolti 4,567 miliardi di anni fa, dalla nube di gas e pulviscolo interstellari che avrebbe formato il nostro Sistema Solare. E, sì, gli atomi di quella nube si erano originati da processi antecedenti, alcuni dei quali risalgono ai primi momenti dopo il Big Bang.

Questo libro rappresenta un viaggio vorticoso, una storia quantitativa dell'universo che copre i suoi 13,8 miliardi di anni di vita, descritta con una serie di racconti che hanno sempre gli atomi come pro-

tagonisti. Come vedremo, ci sono novantaquattro attori principali nel nostro dramma, che conosciamo con il nome di elementi e, proprio per far loro onore, scriveremo i loro nomi con l'iniziale maiuscola.

La notevole stabilità di questi atomi e la firma univoca che essi rappresentano, per un osservatore attento, ci permetteranno di rivelare l'intera storia con un livello di dettaglio impressionante. Possiamo sfruttare gli atomi per assegnare delle date precise alle opere della creatività umana, per tracciare la storia dell'agricoltura e della dieta umana, per conoscere le varie vicissitudini del clima del passato, in modo da ricavarne un aiuto nel capire che cosa può serbarci il futuro, e per ricostruire la storia del nostro Sistema Solare e dell'intero universo. Scopriremo i falsi artistici, identificheremo le statue rubate e determineremo le cause di morte di esseri umani vissuti nel passato (e cosa mangiarono a pranzo il giorno in cui morirono). Dedurremo la temperatura della Terra di 100.000 anni fa e la correleremo alla composizione dell'atmosfera di quel tempo. Dateremo la formazione del nostro pianeta e della sua luna e metteremo una spunta sul calendario cosmico in corrispondenza dell'origine della vita sulla Terra. Con la nostra ottima conoscenza della struttura atomica e delle sue molte varianti, possiamo letteralmente ricostruire la storia atomo dopo atomo.

Gli atomi registrano gli avvenimenti sia del mondo organico, sia di quello inorganico. Dallo smalto dei denti alle piante, dai minuscoli gusci del plancton alle perle vetrose emesse dai vulcani, alle rocce originatesi nelle profondità della crosta terrestre e all'aria intrappolata nel ghiaccio antartico, gli atomi ne testimoniano la storia. Spesso ci parlano in modo diretto, ma talvolta celano dei segreti, che dobbiamo farci svelare prima di fidarci completamente di loro. Nonostante questa occasionale necessità di fare un attento esame incrociato, gli atomi saranno delle guide fedeli e ci accompagneranno in un'interessante esplorazione, che spazierà dall'arte al cibo, dai cambiamenti climatici alle catastrofi planetarie, dall'origine della vita all'origine dell'universo.