

Uno
Tutt'uno con l'universo

Nel Museum of Fine Arts di Boston è esposto un grande dipinto di Paul Gauguin, un'opera cupa e mistica risalente al suo periodo tahitiano. Nell'angolo superiore sinistro, l'autore ha vergato tre frasi in francese: «*D'où venons-nous? Que sommes-nous? Où allons-nous?*» Ovvero: «Da dove veniamo? Cosa siamo? Dove andiamo?». Tutti gli uomini, ovunque nel mondo, si pongono le stesse domande: da dove veniamo, che tipo di creature siamo e desiderano avere almeno un'idea di cosa ne sarà delle loro vite. Per dare loro risposta, si sono seguite molte strade. Spero mi si possa perdonare se credo che la scienza offra quella che è, forse, la più sicura.

Oggi è particolarmente necessario rispondere a queste domande. La nostra società sta attraversando una crisi di convinzione, di missione e di impegno... una sorta di crisi d'identità mondiale. Da quando la tecnologia ha annullato le distanze, gli uomini avvertono come mai in passato la necessità di far parte di una comunità; se non riusciamo a trovare bisogni e obiettivi condivisi, ci sentiamo perduti. Questo è ciò di cui parlerò. Mi porrò la domanda: su quali basi uno scienziato può esprimere

giudizi morali e politici? Mi piacerebbe esaminare queste basi, le *mie* basi. Forse potrebbero diventare le vostre. Ciò che sto cercando è una sorta di contesto che possa servire da guida per decisioni e azioni.

In un certo senso questa è la mia religione, la mia religione in tutto e per tutto laica di scienziato. Non contiene elementi sovrannaturali. La natura mi basta, possiede meraviglia, bellezza, fede e ragione a sufficienza. Andrei in cerca del sovrannaturale soltanto se sentissi che abbiamo esaurito ogni suo aspetto; ma questo non è ancora accaduto, e non accadrà mai.

Vorrei cominciare facendo alcune distinzioni di fondo. Abbiamo bisogno di sapere di cosa stiamo parlando. Innanzitutto, l'uomo è impegnato, sin da quando lo conosciamo, in un'eterna lotta per la conoscenza e credo che questa continua ricerca del sapere sia incarnata dalla scienza. La scienza è un tentativo di comprendere tutta la realtà. Quest'ultima copre un campo molto vasto, non solo le cose relativamente semplici come la caduta delle pietre e le strutture dei nuclei atomici, ma anche cose molto più complesse come, per esempio, i poeti che scrivono sonetti, o la gente che piange o che prega. Credo che la scienza non arriverà mai a capire alcune di queste cose più complesse, ma continueremo a provarci. Il senso dell'impresa è raggiungere la *comprensione*. I fatti sono solo la materia prima della scienza.

Qualche tempo fa ho letto per la prima volta, ma non per l'ultima, *Siddharta* di Herman Hesse. Sono uscito da quella prima lettura con una frase meravigliosa. La frase non è nel libro di Hesse, ma tutte le sue componenti sono presenti in

quelle pagine, ed è così che l'ho scoperta: «Si può ottenere la conoscenza dalle parole, ma la saggezza solo dalle cose». La scienza è questo: un indefesso tentativo di estrarre la saggezza dalle cose.

Quindi, questo profondo e costante tentativo di comprendere la realtà è ciò che rende la scienza totalmente buona, almeno per il concetto di "buono" che ha la nostra cultura. Non può esistere la scienza cattiva. Qualsiasi altra opinione al riguardo equivarrebbe a un'ammissione di ignoranza, e non può esserci nessuna possibile controversia scientifica che l'ignoranza possa risolvere.

Un'altra impresa, completamente differente, è l'applicazione della scienza per scopi utili: la tecnologia. Ho appena detto che la scienza è totalmente buona, ma non mi sognerei mai di affermare la stessa cosa della tecnologia. La tecnologia ha finalità pratiche, e in qualsiasi società retta in modo appropriato ogni iniziativa a essa collegata, nuova e vecchia che sia, dovrebbe essere sottoposta a una valutazione e a un giudizio costanti, in relazione alle necessità, agli obiettivi e alle aspirazioni di questa società.

Uno dei problemi della società odierna è che tendiamo a considerare indistintamente la tecnologia come progresso – a volte i suoi aspetti più spiacevoli come aspetti del destino –, e questo è del tutto sbagliato. Un tempo, quando ancora in pochi si ponevano questa domanda, mi chiedevo: «Gli uomini dovrebbero fare tutto ciò che possono?». La risposta era: «Sì, certo, è normale che gli uomini facciano tutto ciò che possono: viaggiare più lontano e più velocemente, costruire bombe più grandi, e

fare qualsiasi cosa appena sono in grado di farla». Ma la risposta corretta è: «No». Vanno prese decisioni su cosa fare e cosa non fare, e vanno prese tenendo conto delle fondamentali esigenze sociali umane.

Chi deve prendere queste decisioni? Be', un altro problema della società attuale è che queste decisioni vengono prese quasi esclusivamente dai produttori di tecnologia, da coloro che vedono in essa opportunità di ricchezza, potere o prestigio. Dovremmo ascoltare tutto ciò che le varie parti interessate hanno da dire, ma la decisione finale dovrebbe spettare non a chi produce tecnologia, ma a chi dovrà vivere con quei prodotti. E dunque la mia posizione è: *conoscete* quante più cose potete, ma *fate* solo ciò che vi sembra socialmente utile e vantaggioso.

C'è un'altra dicotomia che causa altrettanti problemi e confusione. È la distinzione tra *creazione* e *produzione*. La creazione, come la scienza, è totalmente buona, almeno per il concetto di "buono" che ha la nostra cultura; la produzione, invece, ha finalità pratiche, come la tecnologia, e in qualsiasi società retta in modo appropriato dovrebbe essere sottoposta a una valutazione e a un giudizio costanti, in relazione alle necessità e agli obiettivi umani e sociali.

Oggi si parla molto dell'alienazione dell'uomo dal suo mondo, e a volte si attribuisce quest'alienazione alla scienza. Ma credo che questo sia un malinteso. La scienza, adeguatamente compresa, non può alienare. Il suo senso ultimo e la sua finalità sono di far sentire l'uomo più a suo agio nell'universo. C'è stato un tempo, all'incirca un secolo fa, in cui gli scienziati, ansiosi di liberarsi della spazzatura accumulata in secoli di tradizione,

hanno minato la visione dell'uomo del suo posto nella vita e nell'universo senza offrire altre soluzioni. All'inizio di questo secolo, però, dopo aver portato a termine quel lavoro, la scienza ha cominciato a rimettere il mondo in ordine, e da allora ha raggiunto una visione straordinariamente unificata del tipo di universo in cui ci troviamo, del ruolo della vita, e del posto dell'uomo nella vita.

Cos'è questa unità? Be', oggi sappiamo di vivere in un universo storico, un universo in cui nascono, crescono, invecchiano e muoiono non solo organismi viventi, ma anche stelle e galassie. Questo universo è composto da quattro particelle elementari: i protoni, i neutroni, gli elettroni e i fotoni.* Un simile universo potrebbe nascere grazie ai soli neutroni, perché con un periodo di dimezzamento di circa tredici minuti questi decadrebbero in protoni, elettroni e radiazioni. Si potrebbe dar vita a un universo simile con la sola luce, le radiazioni – *Sia fatta la luce* – perché, come vedremo a breve, i fotoni, le particelle della luce, sono interscambiabili con i neutroni.

Se non l'intero universo, di certo vaste parti di esso sono cominciate sotto forma di un ammasso di gas, un cosiddetto plasma di particelle elementari che occupava larghe aree dello spazio. Poi, in un punto di questo ammasso gassoso, per puro caso si è formato un vortice, un piccolo e speciale nodo di materia che, grazie alle forze gravitazionali, ha iniziato ad attrarre le particelle intorno a sé e a crescere. Man mano che cresceva,

* In questo passo l'autore si riferisce a conoscenze di fisica delle particelle risalenti alla prima metà del ventesimo secolo [N.d.T.].

attirava sempre più particelle e, più ce n'erano, meglio riusciva ad attrarne altre dallo spazio circostante. Così, una massa di particelle elementari ha iniziato ad addensarsi.

Quando una massa, una qualsiasi massa, si addensa, la sua temperatura aumenta. E quando la temperatura nelle remote profondità della massa ha raggiunto più o meno i cinque milioni di gradi, accade qualcosa di nuovo.

Questo qualcosa di nuovo è la cosiddetta combustione dell'idrogeno – non si tratta di una vera e propria combustione, ma è così che viene definita. I protoni – un protone è il nucleo di un atomo di idrogeno, motivo per cui si parla spesso di protoni come di idrogeno – hanno cominciato ad addensarsi fino a formare nuclei di elio: quattro nuclei di idrogeno formano un nucleo di elio. Quattro nuclei di idrogeno, ciascuno di massa 1, formano un nucleo di elio di massa quasi pari a 4. Nel corso di questo processo, una piccola quantità di massa va perduta. Un nucleo di elio ha una massa leggermente inferiore a quella di quattro protoni. Questa piccola quantità di massa viene convertita in radiazione, secondo la celebre formula di Einstein, $E=mc^2$, in cui E è l'energia della radiazione, m è la piccola quantità di massa e c è un numero molto grande, la velocità della luce: 299.792.458 metri al secondo o 3×10^{10} centimetri al secondo... un numero enorme. Elevate questo numero al quadrato e ne otterrete uno incredibilmente grande; poi moltiplicate quest'ultimo per la minuscola quantità di massa e avrete una smisurata emissione di radiazione.

Questa radiazione ha cominciato a essere riversata nelle remote profondità di quella che era una massa collassante di par-

ticelle elementari e ha favorito l'ulteriore collasso... fino a che questa massa di materiale è entrata in una specie di instabile stato stazionario. Ciò che ho appena descritto è la nascita di una stella. Questa stella è ora entrata nel suo periodo di maturità; si trova, come diciamo oggi, nella sua sequenza principale. Il nostro sole ha raggiunto questo stato – è entrato nella sequenza principale – qualcosa come sei miliardi di anni fa e oggi è una comune stella di mezza età. Le restano all'incirca altri sei miliardi di anni di vita.

Una stella, qualsiasi stella, vive grazie a questo processo, a questa conversione di idrogeno in elio. Poi, inevitabilmente, per ogni stella arriva il momento in cui l'idrogeno comincia a esaurirsi. Quando succede, la stella produce meno energia e comincia a contrarsi nuovamente, e mentre lo fa la temperatura nelle sue remote profondità riprende a salire. Non appena questa raggiunge circa cento milioni di gradi, accade qualcosa di nuovo. Questa volta si tratta della cosiddetta combustione dell'elio: i nuclei di elio, ognuno di massa quasi pari a 4, iniziano a combinarsi tra loro. È semplice aritmetica. Due nuclei di elio si uniscono: quattro più quattro fa otto. È il berillio otto, ${}^8\text{Be}$, un elemento così instabile che decade in una frazione di secondo talmente breve che non è mai stata misurata*. Ma a queste elevatissime temperature e pressioni ci sono sempre alcuni nuclei di berillio, e qua e là alcuni di essi catturano un nucleo di elio: otto più quattro fa dodici, e cos'è dodici? Il

*Oggi il tempo di decadimento del berillio otto è noto ed è di circa 70 trilionesimi di secondo (un trilionesimo è 10 elevato alla -18) [N.d.T.].

carbonio. È così che si forma il carbonio nel nostro universo. A sua volta, il carbonio dodici può catturare un nucleo di elio: dodici più quattro fa sedici, e cos'è sedici? L'ossigeno. È così che si forma l'ossigeno nel nostro universo. Ma il carbonio ha qualcos'altro in serbo: può catturare protoni, i nuclei di idrogeno. E il carbonio dodici sommato a due protoni fa quattordici. E cos'è quattordici? L'azoto.

Queste nuove reazioni, questi nuovi processi nucleari, producono un'altra enorme emissione di energia nelle remote profondità della nostra stella, sufficiente non solo a impedirle di collassare ancora, ma a dilatarla fino a farle raggiungere dimensioni enormi. La stella è diventata una gigante rossa: gigante perché le sue dimensioni sono aumentate di molto, e rossa perché il suo strato più esterno si è in qualche modo raffreddato. Una gigante rossa è una stella morente, che si spegne come il padre di Dylan Thomas:

*Non andartene docile in quella buona notte,
i vecchi dovrebbero bruciare e delirare al serrarsi del giorno;
infuria, infuria, contro il morire della luce.**

È questo che succede con le giganti rosse. Sono in una condizione delicata: rilasciano continuamente nello spazio grande quantità di materia superficiale. A volte emettono una violenta eruzione di materia: un *flare*. A volte minacciano di esplodere del tutto: una nova. A volte esplodono del tutto: una supernova.

* Dylan Thomas, *Poesie*, Guanda, Milano 2017, traduzione di Roberto Sanesi.

In ciascuno di questi casi, il materiale di cui sono composte le giganti rosse viene restituito allo spazio, diventando parte degli enormi ammassi di gas e polveri che lo occupano. È stato calcolato che almeno la metà della massa del nostro universo è costituita da gas e polveri.

Poi, da qualche parte in questo ammasso di gas e polveri, per puro caso si forma un nuovo vortice, un nuovo nodo di materia, che grazie alla gravità comincia ad attrarre altra materia, fino a dare vita a una nuova stella. Ma queste stelle di seconda generazione, a differenza di quelle di prima generazione, composte esclusivamente di idrogeno ed elio, contengono anche carbonio, azoto e ossigeno... e noi sappiamo che il nostro sole è una stella di seconda generazione perché siamo qui... *perché siamo qui*. Gli uomini, come tutte le altre creature viventi conosciute, sono composti dei quattro elementi di cui ho parlato: idrogeno, carbonio, azoto e ossigeno. Ci sono novantadue elementi naturali, ma il 99 per cento della materia vivente di tutti gli organismi viventi conosciuti è composto da questi quattro elementi, e io penso, anche se questa è un'altra storia, che non possa essere altrimenti, che la vita, in qualunque punto dell'universo nasca, sarà composta essenzialmente da questi quattro elementi.

Trovo toccante il fatto che le stelle debbano morire affinché altri organismi possano vivere, ed è tutto parte della profonda armonia delle cose nel nostro universo. Vedete, tutta la vita sulla Terra dipende fondamentalmente dalla luce del sole. La fonte di questa luce: reazioni nucleari tra i quattro elementi che ho citato. La composizione della vita: questi quattro elementi

uniti per formare molecole. Tanto le stelle quanto gli organismi viventi dipendono dai processi che coinvolgono questi quattro elementi; le prime dalle reazioni nucleari tra di essi, i secondi dagli atomi interi. Le stelle sono troppo calde per permettere ai nuclei atomici al loro interno di attrarre gli elettroni circostanti in modi ordinati. Questo accade solo nei posti più freddi dell'universo: i pianeti. Qui, dove i nuclei atomici riescono ad attrarre gli elettroni circostanti in modi ordinati e a creare atomi interi, gli elettroni possono interagire tra loro fino a formare molecole.

Le molecole sono state una grande novità nell'universo. Prima della loro comparsa, nulla aveva forma o dimensione, e neppure una posizione e un movimento determinabili. Prima della comparsa delle molecole, si era ancora nell'universo del Principio di Indeterminazione o di Incertezza di Heisenberg. Le particelle elementari e gli atomi erano troppo piccoli per avere forme o dimensioni o, come ho detto, persino posizioni e movimenti determinabili. Tutte queste cose sono arrivate con le molecole.

Le molecole sono comparse sulla Terra appena questa si è formata, circa quattro miliardi e mezzo di anni fa, e dopo essersi accumulate per una certa quantità di tempo, alla fine hanno portato alla vita. È di questo che parlerò la prossima volta. È una storia grandiosa, la più grande storia che io conosca, la più incredibile, la più meravigliosa, la più importante.

Vorrei aggiungere un'ultima cosa: spesso ci è stato detto, e con un'autorità talmente enorme da darlo per scontato – quella di Platone e di Kant – che il *Ding an sich*, l'essenza delle cose,

la realtà interiore, non deve mai rivelarsi agli uomini, che dobbiamo rimanere all'esterno del nostro universo, come bambini davanti alla vetrina di un negozio, con i nasi schiacciati contro il vetro, in grado di guardare ma non di entrare. Non è così. Noi vediamo il nostro universo dall'interno, non dall'esterno. Siamo tutt'uno con esso: la sua sostanza è la nostra sostanza; la sua storia è la nostra storia. Consapevoli di ciò, penso che possiamo avere la certezza che ciò che vediamo è reale.