

# DALL'INFINITAMENTE GRANDE ALL'INFINITAMENTE PICCOLO

**L**a recente catastrofe in Cile ci ha ricordato l'enormità del pianeta sul quale viviamo e la gigantesca potenza che dorme sotto i nostri piedi. In scala cosmica, le scosse verificatesi nel Cile non sono nulla. Viste da un satellite esse sarebbero passate inosservate. Tutt'al più un osservatore attento avrebbe potuto, dallo spazio, notare la insolita forma di certe nubi sulle Ande e dedurne l'apparizione di nuovi vulcani.

Per meglio comprendere le dimensioni realmente infime di questo fenomeno che, in scala terrestre si è tradotto in qualche migliaio di morti e in alcune città distrutte, immaginiamo la terra sotto forma di una palla avente un diametro di 1,30 m. In base a queste proporzioni, l'Aconcagua, il più alto vulcano dell'America, ha una altezza appena superiore

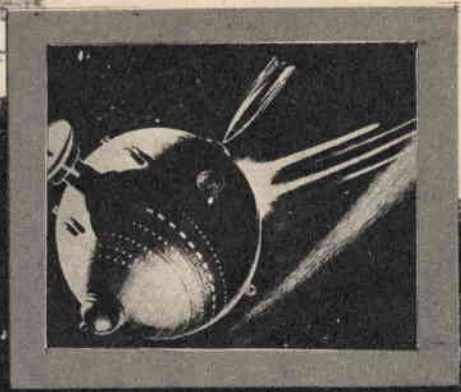
al mezzo millimetro e la crosta terrestre, sulla quale si è svolta tutta la storia degli uomini, si riduce a mezzo centimetro di spessore. Non c'è proprio da meravigliarsi se una scorza così fine si agiti finalmente un poco.

Ma le rivelazioni alle quali ci ha abituato la scienza nucleare da 50 anni a questa parte, ci invitano a dei confronti ancora più schiacciati per la nostra debolezza. Noi sappiamo ora che tutto ciò che esiste, le rocce, le terre, gli oceani, l'atmosfera, le piante, gli animali e noi stessi, è fatto da un immenso ammasso organizzato di tre particelle: protone, neutrone, elettrone.

Le pagine di quest'articolo, noi stessi, altro non siamo che una architettura complessa di protoni, neutroni ed elettroni che formano degli atomi, i quali formano delle moleco-



**Ai limiti delle leggi  
che governano la nostra vita  
e ciò che ci circonda,  
si agita tutto un mondo assurdo  
e inquietante.**



le che compongono a loro volta le cellule del nostro sangue, del nostro scheletro, della nostra carne... e del nostro cervello che pensa. Se voi pesate settanta chili, ciò significa che il vostro corpo contiene un certo numero di particelle, in un numero talmente grande che per scriverlo sono necessarie una trentina di cifre: diciamo, se volete, qualche centinaio di miliardi di miliardi di particelle. Vi sono dunque più particelle nel nostro corpo di quante stelle vi siano nel cielo accessibili ai più potenti strumenti astronomici.

### **La terra tutta e i suoi abitanti: volume 4 litri**

Ci sentivamo prima molto piccoli ed ecco che ora siamo più vasti del cielo. Ma aspettate: le particelle che ci compongono, la fisica ci spiega, non si toccano tra loro. E non solamente non si toccano, ma sono formidabilmente lontane le une dalle altre.

Eccovi il metodo comparativo utilizzato dal fisico Charles-Noël Martin: « Se ci immaginiamo il nucleo dell'idrogeno (che è un protone) come una noce avente un centimetro di raggio, ecco che il suo elettrone girerebbe a 410

metri di distanza dal nucleo ». E tra queste noci così lontane e che girano una attorno all'altra, che cosa c'è? Nulla, proprio nulla: il vuoto completo. Lo spazio. Come, ci si chiederà, e di che cosa siamo fatti? Da particelle talmente piccole che ne occorrono un milione di miliardi di miliardi per ottenere un grammo, e di vuoto? Esatto. E in realtà, tutto quello che vediamo (e che noi giustamente chiamiamo « realtà ») è soprattutto vuoto. Noi abbiamo visto che le particelle sono sempre lontane le une dalle altre. Si può calcolare, cifre alla mano, che se tutte le particelle che formano il nostro enorme pianeta e tutto quello che esso contiene si avvicinarono fino a toccarsi, il tutto occuperebbe un volume di circa 4 litri!!! La stessa umanità riempirebbe appena il fondo di un ditale. In questo ridicolo piccolo volume avrebbero posto i 600 milioni di Cinesi, la formidabile Armata Rossa sarebbe appena visibile al microscopio e il cervello del più grande genio completamente invisibile ai nostri strumenti più potenti.

Questo vuoto che fa le cose, lo si può rendere sensibile in un altro modo. Supponete che un essere tanto piccolo quanto una particella giunga a visitare la terra. Come la vedrà? È semplice: egli l'attraverserà senza vederla,



Il famoso fisico Max Planck, autore della teoria dei « quanta ». Con Einstein, egli è ritenuto uno dei padri della moderna impostazione scientifica.

Sono i due campi magnetici che si respingono. E questi due campi sono immateriali.

### I « raggi cosmici » sono nuclei atomici

Non sono dunque sostanze solide quelle che noi tocchiamo, vediamo e delle quali ci serviamo per costruire macchine, case... In realtà noi non abbiamo nessuna esperienza della materia solida. Sono le particelle la vera materia e nessun occhio umano le ha mai viste. Bisogna compenetrarsi bene in questa idea prima di abordarne lo studio delle stesse particelle, giacché l'idea ci avverte che a quel livello dobbiamo aspettarci ogni sorta di cose inverosimili. E, in effetti, noi vedremo che tutto è inverosimile in questo mondo di particelle, dove si muove il fisico nucleare.

Tutti hanno sentito parlare dei raggi cosmici. Questi raggi, in realtà, non sono altro che nuclei atomici, cioè dei protoni e dei neutroni che viaggiano nello spazio ad una velocità vicina a quella della luce.

Quando entrano nell'atmosfera, non tardano molto a passare accanto a qualche atomo atmosferico che si trovi sul loro cammino. Il nucleo di questo atomo esplose in tanti pezzi e quello che succede da quel momento sfida letteralmente l'immaginazione.

Abbiamo visto che tutti i nuclei atomici sono costituiti da protoni e neutroni (salvo quello dell'idrogeno che è costituito da un unico protone). Dovremo dunque aspettarci di vedere che l'esplosione di un nucleo atomico dia vita a dei protoni e dei neutroni. Se voi avete messo in un recipiente tre bilie bianche e tre nere e voi rompete il recipiente, voi vedrete apparire tre bilie bianche e tre nere: ciò è quello che ci insegna la più familiare delle esperienze.

Ebbene, nel caso del nucleo che esplose, succede come se si vedessero apparire delle bilie verdi, dei dadi, dei noccioli di pesca e tutto un assortimento di oggetti che non esistevano nel recipiente.

L'esplosione dà, per esempio, una dozzina di particelle che non sono né protoni, né neutroni e nemmeno elettroni e che si chiamano mesoni.

Questi non esistono in nessuna parte in forma stabile. La loro esistenza non dura che qualche milionesimo di secondo. Durante questo brevissimo tempo, essi percorrono qualche

senza nemmeno supporre che sta attraversando qualcosa. Per lui, la terra non presenterà nessuna differenza col vuoto puro e semplice. E si comprenderà perfettamente il perché, se si pensa che tutto ciò che non è vuoto, in tutto il nostro pianeta, entrerebbe in un recipiente di 4 litri. Cosa sono 4 litri di materia reale seminati in un volume di qualcosa come mille miliardi di chilometri cubici? Praticamente è il nulla. D'altronde, questo essere ipotetico, capace di attraversare la terra senza vederla, esiste: è il *neutrino*, particella che apparve durante certi fenomeni nucleari e che si muove in linea retta attraverso i corpi come se non esistessero. Dal fatto che le particelle che ci compongono sono così lontane le une dalle altre da non toccarsi mai, si può dunque concludere che nulla tocca nulla. Noi abbiamo l'impressione d'essere compatti, ma non è che una illusione. E quando noi crediamo di toccare le cose, in realtà non vi è che un vuoto che si sovrappone ad un altro vuoto. Il fatto che i corpi « solidi » sono impenetrabili e che essi non passano gli uni attraverso gli altri non deve farci cadere in errore: ciò non è dovuto alla materia solida che li compone, ma ai campi di forza che legano le particelle tra loro a distanza. Ciò è difficile da capire, ma si può rendersene conto con l'aiuto di due forti calamite.

Provatevi ad avvicinare i due poli nord uno all'altro: esse si respingono senza toccarsi.

centimetro o qualche decina di metri. Poi esplodono a loro volta, dando altri mesoni diversi dai primi.

Come finisce questo susseguirsi d'esplosioni simile ad un stravagante fuoco d'artificio? Tutto termina per rientrare nell'ordine, cioè il risultato delle ultime esplosioni ridà delle particelle stabili, degli elettroni, oppure qualche strano neutrino, capace di viaggiare attraverso i corpi solidi senza accorgersi della loro esistenza.

Il tutto ha avuto una durata di qualche frazione di secondo. Ma quanti misteri durante questo tempo così breve! Quanti mostri bizzarri sono usciti da questa scatola di Pandora che è il nucleo atomico che si credeva costituito unicamente da protoni e neutroni.

Se fenomeni simili si producessero in forma avvertibile tra ciò che ci circonda, diventeremmo presto pazzi. Noi vedremmo un bicchiere trasformarsi d'un tratto in uccello, poi l'uccello esploderà formando tre fiori, i fiori scoppiare a loro volta riformando ciascuno una tazza e tre o quattro mosche. Non potremmo credere ai nostri occhi. Ebbene, questa spaventevole fantasmagoria si ripete costantemente, notte e giorno e più volte al minuto, nella stanza dove noi lavoriamo o in quella in cui dormiamo, e anche nell'interno del nostro corpo. Prima che abbia inizio il susseguirsi delle esplosioni (i fisici chiamano ciò dei « fasci ») non vi sono che potroni, neutroni ed elettroni e qualche neutrino vagabondo.

Ma in questi istanti tutta una fauna fantomatica ha vissuto la sua vita effimera e incomprendibile. Qualcuno di quei mesoni apparso e scomparso, si dà il lusso di essere più grosso e più pesante della particella che lo ha generato esplodendo: sono gli iperoni.

Come se una sedia, esplodendo, desse origine a tre o quattro armadi da cucina! O meglio (e questa comparazione è sempre di Charles-Noël Martin) come se, picchiando con la racchetta su una palla da tennis, la si trasformasse in un pallone da foot-ball.

Cos'è dunque la materia, capace di produrre un così strano miscuglio di cose diverse? Una trentina d'anni fa, tutto sembrava relativamente semplice ai sapienti che potevano sperare di arrivare presto a scoprire gli ultimi segreti della natura. Certi libri attuali riflettono ancora questo ottimismo.

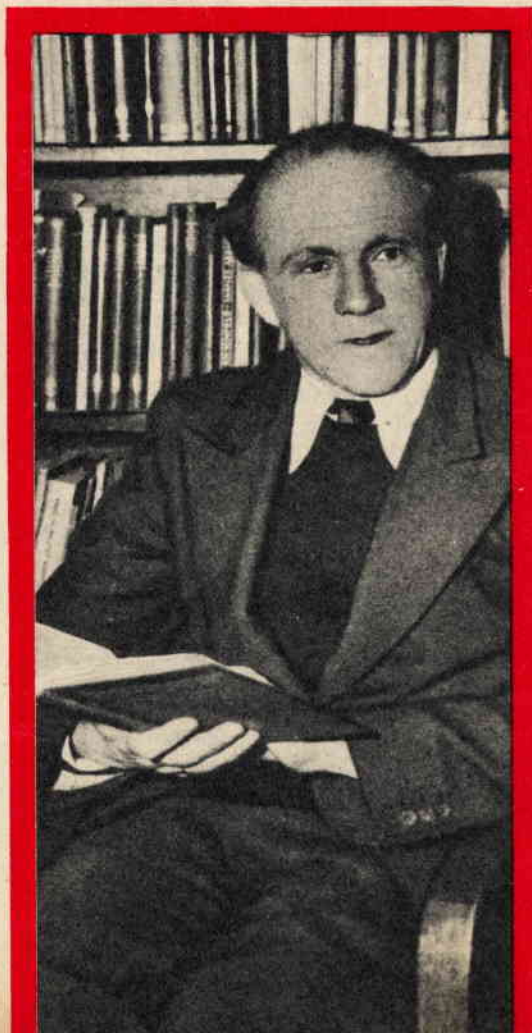
Il quadro che offrono è di grande chiarezza. Tutti i corpi della natura sono composti dai

92 elementi semplici, ed è notevole che si ritrovi la stessa composizione quasi dappertutto, sia che si tratti delle stelle più lontane d'una lumaca o d'un uomo.

Questi 92 elementi, dal più leggero, l'idrogeno, fino al più pesante, l'uranio, differiscono tra di loro solo nel modo in cui in essi sono disposti il protone, il neutrone e l'elettrone.

In quanto allo stesso atomo, lo si rappresentava allora in un modo molto semplice: come un sistema solare in miniatura. Al centro, il nucleo con i suoi protoni e i suoi neutroni. Intorno, girando come tanti pianeti, gli elettroni. E poi si è scoperto che era impossibile sapere dove mai si trovasse esattamente l'elettrone. Heisenberg spiegò che non vi era che qualche probabilità che fosse qui piuttosto che là. Si parlò di « nube elettronica ». Ma questa strana nube era formata solamente da un elettrone! Ecco un'idea piuttosto difficile da accettare; giacché niente tra le cose che ci circondano può darcene una rappresentazione. Proviamoci, per lo meno, ad immaginarcelo.

Se la sedia sulla quale noi siamo seduti si



**Il fisico W. Heisenberg - La sua teoria dei « luoghi della più grande probabilità » ci offre la più suggestiva interpretazione della struttura dell'atomo.**

comportasse come l'elettrone di Heisenberg, noi non sapremmo mai dove trovarla. Essa ci apparirebbe come una nube migliaia di volte più grande della sedia stessa, con delle parti più opache, delle altre meno. Come fare per sedersi?

Ebbene bisognerebbe tentare la fortuna, entrare nella nube e sedersi non importa dove. Il più delle volte mancheremmo la sedia e non troveremmo che il vuoto. Ma dopo aver provato un gran numero di volte, noi noteremmo che la sedia ha la tendenza di trovarsi in certi luoghi della nube, quelli dove vi è più opacità. Sono i luoghi che Heisenberg chiama « luoghi della più grande probabilità ».

Questo per quanto riguarda l'elettrone, la più leggera delle particelle materiali. Se si prende in considerazione il nucleo, le stravaganze della natura sembrano non conoscere limiti e tutti i fisici confessano ora che non sanno più a che santo votarsi.

### **Bisognerà far risuscitare « l'etere »?**

Per cominciare, le particelle che costituiscono il nucleo si presentano esse pure sotto forma di « nube »: non si sa mai dove esse sono esattamente. Ma è stato giocoforza rinunciare all'idea stessa che suggerisce la parola particella, cioè all'immagine di una piccola bilia con un volume interno e una superficie esterna. La particella sarebbe piuttosto una specie di vortice, con un asse e un senso di rotazione. Ma un vortice di che cosa? Non se ne sa nulla. Per certi fisici, come M. Ivanoff, dell'Istituto Henri Poincaré (questo istituto è, in Francia, il Sancta Sanctorum della fisica teorica) saremo ben presto obbligati a far risuscitare l'etere, quel misterioso mezzo che, nelle teorie del secolo scorso, riempiva tutto l'universo, ivi compreso il vuoto interstellare.

Questo etere sarebbe allo stesso tempo infinitamente più rigido dell'acciaio più duro e capace di mettersi a girare vorticosamente in certi punti (le particelle, esattamente) a una velocità folle. Inoltre la grande maggioranza di questi vortici girerebbe nello stesso senso. Perché?

Non si sa. Ma questo fatto non è altro che la famosa legge della « non conservazione della parità », scoperta tre anni fa da due giovani fisici cinesi Lee e Yang. Quando una particella gira in senso inverso abbiamo l'anti-materia. E se due particelle girando in senso inverso si incontrano, esse si distruggono vicendevolmente, liberando una quantità favolosa di energia. Come si comportano le particelle del nucleo tra di loro nell'interno stesso del nucleo?

Anche qui non si sa niente. E non solamente non se ne sa niente, ma gli effetti della misteriosa cucina intra-nucleare sembrano rigorosamente contraddittori tra di loro. Per il grande fisico danese Niels Bohr, il nucleo assomiglia a una goccia d'acqua o ad un sacchetto di bilie.

Quando si lancia con forza una bilia nel sacchetto, tutte le bilie incominciano a scontrarsi e il caso, in questi scontri, può far sì che un'altra bilia venga espulsa. Questa ipotesi spiega certe cose, ma non tutte.

Secondo un'altra teoria, il nucleo rassomiglia ad un pozzo nel quale si siano versati liquidi diversi incapaci di entrare in soluzione, per esempio del mercurio, dell'acqua e dell'olio. Solamente si tratterebbe di un pozzo alla rovescia: il mercurio (corrispondente alle particelle più energiche) galleggerebbe sull'acqua e l'olio, più leggero, si troverebbe sul fondo! Anche in questo caso, una ipotesi stravagante spiega una gran parte di quello che si sa, ma non tutto.

Anche il fisico americano Victor F. Weisskopf, ha suggerito una terza ipotesi, totalmente impossibile da rappresentare, che egli ha chiamato « modello ottico » non senza una punta d'ironia. Questo modello descrive il nucleo come una « nube di cristallo ». Che cos'è una nube di cristallo? Dio solo lo sa. Si scopre così che combinando certe proprietà di una nuvola di goccioline con certe proprietà dei cristalli si spiega un gran numero di fenomeni, i più inverosimili tra quelli che il nucleo è capace di produrre...

Fermiamoci qui nel nostro viaggio nell'assurdo e inquietante universo dell'infinitamente piccolo. Il profano, certamente, si sentirà disorientato e questo è ammissibile: la scienza è difficile. Ciò che è più grave è che anche gli stessi sapienti si sentono completamente perduti.

Per la prima volta nella storia del pensiero, l'intelletto dell'uomo si trova davanti ad un confine che sembra essere quello delle sue attuali possibilità. Nel suo ottimismo giovanile, Einstein aveva detto: « Ciò che vi è di più incomprensibile nell'universo sta nel fatto che esso è comprensibile ».

Più tardi, dopo cinquant'anni di geniali scoperte, lo stesso Einstein cambiava di parere: « Non è sicuro, scriveva, che la natura reciti sempre la stessa parte ».

Sì, la natura recita forse delle parti diverse, delle quali solamente una è all'altezza del nostro intelletto. L'altra ci supererebbe completamente. Sarebbe il mistero allo stato puro.

E non è forse pazzesco pensare che è precisamente questo mistero che ci fa quali siamo, noi e tutte le cose delle quali viviamo?