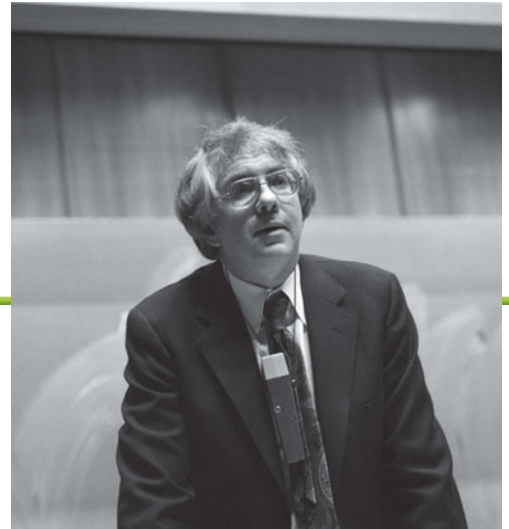


L'autore e l'opera

Sheldon Lee Glashow (1932) è un fisico statunitense, insignito nel 1979 - insieme a Steven Weinberg e Abdus Salam - del Premio Nobel per la fisica per gli studi sulla teoria elettrodebole. Professore di fisica alla Harvard University, ha lavorato anche in Europa presso il CERN. Ha previsto l'esistenza del quarto quark (*quark charm*).



Di spiegare l'Universo si occupano scienziati diversi: dai cosmologi che studiano i grandiosi fenomeni stellari agli astronomi, ai geologi, ..., via via in una scala discendente nella quale ognuno studia un mondo fatto di parti e particelle sempre più piccole fino a penetrare all'interno dell'atomo. Dello studio dell'atomo si occupano i fisici nucleari e i fisici delle particelle dette quarks. Queste particelle hanno dimensioni cento milioni di volte più piccole dell'atomo; ma esistono anche particelle ancora più piccole, addirittura un trilione di volte più piccole delle precedenti particelle.

Se per quanto riguarda la chimica si può affermare che non esistano principi fondamentali ancora sconosciuti, nell'ambito della fisica delle particelle molto resta ancora da scoprire.

Gli studiosi dell'Universo e della natura

Dagli spettacoli celesti più grandiosi alle particelle ultime, la scienza, con le sue diverse discipline, è chiamata a spiegare tutti i fenomeni della natura. I cosmologi si occupano dei problemi di più ampia portata: la nascita dell'Universo e l'origine e lo sviluppo dei suoi miliardi di galassie¹. Gli astronomi discendono lungo la scala cosmica per occuparsi di cose piccole come il sistema solare². I geologi si interessano di tutti gli angoli e le fessure del nostro pianeta, mentre i biologi studiano le cose che sulla Terra strisciano, nuotano, volano e si infettano l'un l'altra, dai minuscoli virus³ alle grandi balene che essi attaccano. Seguono, dopo di loro, i chimici e gran parte dei fisici, il cui lavoro consiste nello spiegare la maggior parte delle proprietà della materia in termini di minuscoli atomi dai quali è composta ogni cosa sulla Terra. Costoro ci dicono perché il rame è rosso, perché il cielo è blu, come brucia una candela, e cosa produce la rugiada.

Dentro l'atomo

Il mondo ancora più piccolo all'interno dell'atomo richiama l'attenzione di due distinti gruppi di fisici, che lavorano in campi sempre più delimitati. Innanzitutto i fisici nucleari, che studiano la parte centrale dell'atomo - la chiave d'accesso all'energia e alle armi nucleari, e quella meravigliosa fornace nucleare che chiamiamo Sole. Poi ci sono i fisici delle particelle elementari, che studiano gli elementi costitutivi del nucleo atomico⁴ - neutroni e protoni e tutte le altre particelle che una volta si credevano elementari ma che ormai sappiamo essere composte di *quarks*⁵ - così come

1. galassie: sistemi di stelle che popolano l'Universo.

2. sistema solare: uno dei sistemi della Via Lattea, la nostra galassia.

3. virus: organismi parassitari responsa-

bili di malattie a danno di uomini, animali, piante e batteri.

4. nucleo atomico: parte centrale dell'atomo carica positivamente, costituita da protoni e neutroni.

5. quarks: particelle di materia di dimensioni inferiori a quelle degli atomi, costituenti fondamentali degli adroni, cioè le particelle soggette alle interazioni forti (vedi oltre).

le forze che governano le interazioni tra le varie particelle: l'elettromagnetismo e le 20 forze nucleari forti e deboli. Con i più potenti acceleratori⁶ attualmente disponibili, nei quali le particelle si scontrano con una forza di due trilioni di elettronvolt, è possibile generare elementi piccoli come le particelle W e Z⁷, cento milioni di volte più piccole dell'atomo.

L'infinitamente piccolo

I fisici teorici elaborano teorie sull'esistenza di entità ancora minori, così piccole che 25 non è possibile concepire un acceleratore in grado di individuarle. In varie importanti teorie unificate, le tre forze delle particelle sono viste come variazioni di una forza semplice, il cui operare può essere percepito solo su scala molto ridotta, poiché dipende dall'esistenza di particelle molto pesanti e incredibilmente piccole, un trilione di volte più piccole delle particelle W e Z. 30

A distanze centomila volte più piccole ancora - 10^{-33} centimetri - raggiungiamo infine un punto estremo naturale. La gravità dei quanti⁸ (la gravità che i fisici ritengono debba esistere nel regno subatomico ma che non può essere individuata) diventa la forza dominante, e non esiste una teoria condivisa dagli studiosi che se ne occupi. La lunghezza di Planck⁹ definisce, fino ad oggi, proprio il fondo della scala cosmica. 35 Supponendo che ogni gradino corrisponda a un incremento nelle dimensioni pari a un fattore dieci, ci sono cinquantadue gradini a partire dalla lunghezza di Planck e risalendo attraverso il mondo dei centimetri e dei metri, fino alle dimensioni dell'intero Universo visibile.

I punti certi della scala cosmica

Lungo gran parte della scala gli scienziati sanno molto bene cosa stanno facendo e 40 in quale direzione stanno andando. I chimici, ad esempio, convengono che la loro è una disciplina chiusa, nel senso che non esistono principi fondamentali ancora sconosciuti. Ciò non vuol dire che non vi siano problemi difficili da risolvere, o scoperte da fare, ma solo che le regole di base sono fissate: gli atomi interagiscono l'un l'altro secondo le leggi della meccanica quantistica¹⁰, leggi la cui validità è stata stabilita al 45 di là di ogni ragionevole dubbio.

I punti "oscuri" della scala cosmica: dove sta andando l'Universo...

È alle due estremità della scala cosmica che la situazione è confusa. La cosmologia e la fisica delle particelle sono discipline dalle conclusioni aperte: noi non conosciamo tutte le regole del gioco. Come e quando l'Universo si è evoluto per divenire quello che è, e come si comporterà in un lontano futuro? Continuerà ad espandersi e a raf- 50 freddarsi indefinitamente (*the big chill*) o un giorno muterà, si rimpicciolerà, fino ad implodere (*the big squeeze*)?

6. acceleratori: macchine usate per rendere più veloce (accelerare) il movimento delle particelle subatomiche (cioè più piccole dell'atomo), che vengono scagliate contro un bersaglio. Il più grande acceleratore di particelle mai costruito è l'LHC (Large Hadron Collider) progettato da Carlo Rubbia, in funzione al CERN di Ginevra (vedi volume a stampa, pagg. 56-59).

7. particelle W e Z: le particelle mediatrici dell'interazione debole, una delle quattro forze fondamentali responsabili

della struttura dell'Universo; fanno parte dei bosoni (vedi oltre).

8. quanti: le particelle elementari associate ad un dato campo di forze. Il primo a introdurre il concetto di *quanto* fu lo scienziato tedesco Max Planck (1858-1947), Premio Nobel per la fisica nel 1918. La teoria dei quanti da lui formulata è uno dei capisaldi della fisica contemporanea. Secondo tale teoria gli atomi assorbono ed emettono radiazioni per quanti di energia, cioè quantità di energia finite e discrete; esse possono

essere rappresentate sotto forma di granuli di energia indivisibili.

9. lunghezza di Planck: la più piccola unità di lunghezza oltre la quale il concetto di dimensione perde ogni significato fisico.

10. meccanica quantistica: la teoria che spiega i fenomeni del mondo subatomico e delle particelle elementari; insieme alla teoria della relatività di Einstein la meccanica quantistica è una delle teorie fondamentali che spiegano i fenomeni fisici.

... e le forme ultime della materia

Lo stesso discorso vale per l'altra estremità della scala. La cosiddetta teoria standard¹¹, della fisica delle particelle descrive le diciassette particelle conosciute e i loro comportamenti. Queste particelle sono di due tipi: fermioni, o particelle di materia 55 (inclusi protoni, neutroni, elettroni e i vari quarks) e bosoni (fotoni, gluoni e le particelle W e Z), che trasportano la forza elettromagnetica, quella forte e quella debole, che governano le interazioni tra i fermioni. Ma sono davvero queste le forme ultime della materia? Nessun dato dell'esperienza contraddice la teoria standard né indica l'esistenza di una qualsiasi struttura situata al di fuori del suo dominio. 60

Le questioni ancora aperte sulle parti ultime della materia

Eppure questa teoria lascia molte delle questioni più interessanti senza risposta - la più importante delle quali riguarda le modalità di funzionamento della gravità dei quanti al fondo della scala cosmica. E così la fisica delle particelle elementari è venuta a trovarsi a un curioso crocevia, oppure di fronte a un'impasse¹² insormontabile. La gravità è la forza dominante al gradino più alto della scala cosmica, dove la sua 65 debolezza è compensata dal numero degli atomi che esercitano una forza di concerto. Tiene unite le stelle nelle galassie, mantiene intatto il Sole e la sua famiglia di pianeti saldamente in orbita. Tiene attaccata la Luna alla Terra e fa in modo che gli oceani e l'atmosfera stiano al proprio posto.

Ma quando si tratta di elementi delle dimensioni di pochi chilometri, la forza di gra- 70 vità deve cedere il posto all'elettromagnetismo. La gravità cerca di arrestare la crescita di un albero o la formazione di una montagna. Ogniqualvolta ci alziamo la mattina, ogni volta che il bocciolo di un fiore si schiude, si manifesta la supremazia dell'elettromagnetismo. La sua grandezza spazia da cose delle dimensioni di continenti, a elefanti e microbi, fino agli atomi che li compongono. 75

Ancora più in basso nella scala cosmica, l'elettromagnetismo è soppiantato dalle grandi forze. Nel suo limitato dominio, questa forza è onnipotente; tiene insieme protoni e neutroni per formare il nucleo atomico, in gran parte contrasta la tendenza dell'elettromagnetismo che vorrebbe disgiungere quanto prima il nucleo. I quarks che compongono protoni e neutroni sono legati a loro volta da questa forza. Ma 80 discendendo altri quattro gradini nella scala cosmica, essa cede il campo alla forza debole, che provoca il disintegrarsi spontaneo delle particelle e dei nuclei, con relativa emissione di energia. Abbiamo raggiunto il gradino della scala corrispondente agli acceleratori a più alta energia a nostra disposizione; altri diciassette gradini verso il basso portano alla lunghezza di Planck. 85

La nostra conoscenza della fisica in questo dominio è scarsa e di natura speculativa¹³. A causa degli spettacolari successi della teoria standard nello spiegare tutte le interazioni subatomiche che siamo in grado di individuare, e a causa della mancanza di nuove sorprendenti scoperte in anni recenti, alcuni teorici hanno suggerito che in questo ambito non accada nulla di particolarmente interessante. Secondo questa fi- 90 losofia senza speranza, non ci sono sorprese ad attenderci, nessuna nuova particella, nessuna nuova forza, nessun fenomeno interessante da osservare.

Io ne dubito.

Sheldon Lee Glashow, in *The Sciences*, maggio/giugno 1988, trad. di Giovanni Luciani

11. teoria standard: detta anche Modello Standard (MS) è la teoria che descrive sia la materia che le forze dell'Universo

sulla base delle particelle elementari e delle forze di interazione.

12. impasse: strada senza via d'uscita,

situazione difficile.

13. natura speculativa: ancora a livello di teoria e di ipotesi.