



**Luciano Maiani**

Idee per diventare

**Fisico**

**andare a caccia di particelle**



di **Claudio Cereda**

Andate a parlare con un fisico e scoprirete che nella sua infanzia c'è la voglia di capire come funzionano le cose e di costruire gli strumenti che ci aiutano a capire. Anche per Maiani è andata così: l'astronomia, un telescopio e poi, naturalmente, gli atomi.

Consiglio questo libro ai nostri giovani appassionati di scienza per due ragioni:

- l'intervista delinea un personaggio che vale la pena di conoscere;
- l'appendice (*la fisica delle particelle*) in una cinquantina di pagine traccia un quadro esaustivo e comprensibile del processo che ha portato alla elaborazione del modello standard. Si ha modo di percepire l'interazione tra il lavoro dei fisici teorici alla ricerca della simmetria, dell'eleganza formale e che sfocia nella previsione di nuove particelle le cui caratteristiche salienti possono essere ipotizzate e il lavoro degli sperimentali che conferma o smentisce e in entrambi i casi fa da pavimento su cui i teorici si lanciano per nuove ipotesi.

La collana I mestieri della Scienza vede a fine 2007 l'uscita di altri quattro titoli (fisico, chirurgo dei trapianti, informatico e veterinario) e quello di Maiani, insieme a quello del chirurgo Ignazio Marino merita di essere letto da un giovane liceale desideroso di una vita non banale.

### **che cos'è la ricerca?**

La ricerca consiste nello scegliersi un problema, per poi affrontarlo con tutti i metodi che uno ha a disposizione. Il problema va *domato*, ridotto a qualcosa che sia comprensibile e che si possa calcolare quantitativamente.

### **come nasce un'idea in fisica?**

Negli studi più teorici, da giovani ricercatori ci si sceglie uno o più maestri, e si studia il loro lavoro, sviluppandone aspetti ancora ignoti. E' un po' come andare a caccia: ad un certo punto si sente un rumore e si decide di andare a vedere che cosa l'ha prodotto. O forse è come nella pittura: si incomincia dalla copia dal vero e poi pian piano si prende il volo, ci si libera dagli schemi e si dà libero sfogo alla creatività. In realtà gran parte del tempo lo si passa a fare calcoli e ad arrovellarsi attorno a problemi a volte anche banali. Ci sono momenti in cui nulla torna e le equazioni sembrano ribellarsi come leoni da circo alla volontà del fisico-domatore.

Io sono convinto che una cultura vasta sia molto importante. E' fondamentale non specializzarsi solo nel proprio campo, ma coltivare un quadro più ampio...

La ricetta potrebbe sembrare un po' noiosa e scontata, ma da apprendisti bisogna prima di tutto andare all'università e studiare, studiare, studiare. Quindi leggere, leggere, leggere e poi tenere le orecchie ritte e cercare di imboccare un problema che sia promettente. Non ci sono scorciatoie...Lavoro, lavoro, lavoro. Naturalmente ci vuole del talento, ma il talento poi va coltivato: non esiste il genio assoluto; genio e sregolatezza non funziona.

## la ricerca

Credo che la ricerca fondamentale vada coltivata in tutti i campi scientifici per un duplice motivo: prima di tutto perché la curiosità è innata nell'uomo, e soprattutto nei giovani, che nella ricerca possono trovare fascino, stimoli, obiettivi e ideali in grado di catalizzare e incanalare la loro intelligenza. Il secondo motivo è che i problemi scientifici sono spesso così difficili e complessi da richiedere lo sviluppo di nuovi metodi, con applicazioni altamente innovative e inaspettate anche in ambiti diversi. Il laser, il calcolatore e il Web sono esempi di applicazioni di scoperte prodotte dalla ricerca fondamentale ...

Un paese moderno non può fare solo borsette! Per carità, tessile e turismo vanno benissimo, ma anche l'alta tecnologia va spinta, perché non possiamo importare tutto, dall'energia ai prodotti tecnologici, dagli altri paesi.

## riduzionismo e visione di insieme

Un fisico delle particelle si muove in un'ottica riduzionista, cioè vuole studiare le interazioni fondamentali. Le reazioni nucleari che noi analizziamo, qui a tavolino, sono quelle che anno marciare il sole, e di certo vogliamo capirle, ma prima occorre capire cosa c'è dentro ai nuclei e alle particelle sub nucleari. In questo senso un fisico delle particelle è un riduzionista, e io sono un riduzionista incallito.

## idee per diventare fisico

Ci sono mille e una ragioni per studiare la fisica. Il fisico è un *problem solver*; è meglio di un ingegnere, da questo punto di vista perché è abituato a condire le sue conoscenze con una grande dose di creatività e di fantasia. E' meglio di un matematico, perché è formato alla osservazione e al confronto con il mondo circostante; non si ferma alla astrazione pura. I fisici oggi sono anche dei buoni manager...

In ogni caso penso che sia dal punto di vista sociale, sia dal punto di vista della ricerca, ci sia bisogno di genet che sappia usare il cervello in modo flessibile e che abbia una conoscenza approfondita dei problemi fondamentali.

---

## Idee per diventare fisico. Andare a caccia di particelle

Maiani Luciano

Editore: Zanichelli, collana I mestieri della Scienza

Data di Pubblicazione: 2007

ISBN: 8808067491

ISBN-13: 9788808067494

Pagine: 144 - 10 €

---

## Chi è Luciano Maiani?

Luciano Maiani, nato nel 1941, si è laureato nel 1964, ha assunto la carica di presidente dell'INFN dal 1993 al 1998. Dal 1999 al 2003 è stato direttore generale del Centro Europeo per le Ricerche Nucleari (CERN) di Ginevra e in questa veste ha seguito la fase di preprogettazione e avvio del grande progetto di costruzione del nuovo grande acceleratore di Ginevra Large Hadron Collider che diventerà operativo nel 2008.

Il professor Maiani, sul finire degli anni 60, partendo da una asimmetria nell'allora nascente modello a tre quark (up, down e strange) ipotizzò insieme a Sheldon Glashow e John Iliopoulos l'esistenza del quark charme che completava la seconda famiglia di quark. Glashow, insieme a Weinberg e Salam ha poi avuto il premio Nobel per la teoria dell'unificazione elettrodebole. L'ipotesi dei tre fisici ebbe conferma qualche anno dopo (nel 1974) con la scoperta quasi simultanea a Standford e a Brookhaven della particella J/Psi (un mesone composto dallo charme e dalla sua antiparticella).

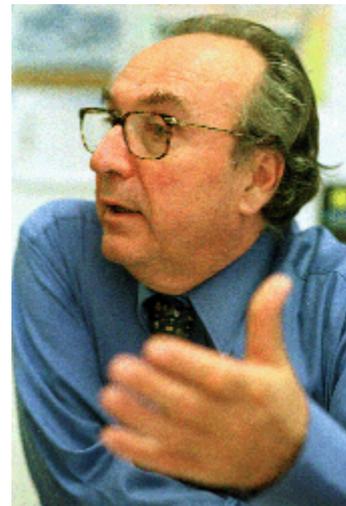
---

# I prossimi obiettivi nella fisica delle particelle elementari

**Luciano Maiani**

Il quadro delle particelle e delle forze fondamentali che si è formato nella seconda metà del Novecento è semplice e solido. Con esso possiamo spiegare, in molti casi con grande precisione, una scala di fenomeni che vanno dall'universo primordiale, alle stelle, fino alle reazioni tra particelle subnucleari alle energie conosciute finora. Non mancano, tuttavia, problemi aperti e potenziali linee di sviluppo per il futuro. Ne vogliamo illustrare alcuni con l'avvertenza che si tratta di un panorama sicuramente incompleto e, almeno in parte, alquanto soggettivo.

La simmetria delle forze elettrodeboli è stata stabilita oltre ogni ragionevole dubbio. Tuttavia questa simmetria non è esatta: se così fosse, i portatori delle forze dovrebbero avere una massa esattamente nulla come il fotone (cioè viaggiare sempre alla velocità della luce). Lo stesso dovrebbe accadere per quark e leptoni. Nel mondo reale questo non succede le particelle W e Z hanno una massa (considerevole, circa 90 volte la massa del protone) e così i quark e i leptoni.



Come descrivere le deviazioni dalla simmetria? Qual è l'origine della massa delle particelle fondamentali? La soluzione che conosciamo è semplice e sorprendente. Un campo costante pervade tutto lo spazio fisico e influenza il moto delle particelle. Il campo si può anch'esso rappresentare con una freccia che fissa una definizione assoluta per i quark (distinguendo tra up e down) e per le altre particelle e quindi "rompe" la simmetria. Propagandosi in questo mezzo, le particelle acquistano una massa, diversa per i diversi tipi di quark e leptoni e per W e Z. La simmetria cui è associato il fotone è invece rispettata dal campo (che è elettricamente neutro) e di conseguenza il fotone resta con una massa nulla. Lo spazio fisico privo di materia non sarebbe dunque "vuoto", ma sarebbe piuttosto simile alla superficie di un lago perfettamente calmo. Nelle collisioni, si possono generare onde nel campo, che corrispondono a una nuova particella: il bosone di Higgs (dal nome del fisico teorico inglese, Peter Higgs, che ha studiato per primo questa possibilità). Il bosone di Higgs è necessario per riportare l'accordo tra teoria e osservazioni, la ricerca di questa particella rappresenta oggi la frontiera della fisica delle particelle. Il bosone di Higgs è stato cercato con Tevatron (acceleratore di protoni) e con LEP. Con LEP si è stabilito che la sua massa deve essere superiore a 114 volte la massa del protone e sono state ottenute indicazioni per l'esistenza di questa particella a una massa di 115, purtroppo non conclusive. La macchina in costruzione al CERN, LHC, ha la potenzialità di esplorare tutto il campo di energia in cui si dovrebbe trovare la particella di Higgs. Un risultato negativo implicherebbe cambiamenti di grande rilevanza nella teoria delle particelle elementari.

L'espansione dell'universo attuale indica che l'universo stesso è partito da una situazione di altissima temperatura e densità: il big bang. La comprensione della fisica delle particelle ci permette di tracciare all'indietro nel tempo la storia dell'universo fino a temperature dell'ordine di 1 milione di miliardi di gradi, ovvero qualche decimo di miliardesimo di secondo dopo il big bang. Le particelle che oggi produciamo con i più potenti acceleratori popolavano allora il plasma primordiale. L'evoluzione dell'universo è profondamente influenzata dai fenomeni fisici che hanno avuto luogo a questi tempi, o anche prima. Dalla comprensione delle forze della materia alle energie corrispondenti dipende la risposta ai quesiti che ci poniamo per l'universo di oggi, sulla distribuzione delle galassie su grande scala e sulla composizione della materia.

Cambiamenti anche lievi nei valori delle costanti fisiche darebbero luogo a un universo molto diverso, in molti casi completamente inospitale per la vita e per l'uomo. Da alcuni ricercatori è stato ipotizzato un principio antropico, con profonde implicazioni etiche e filosofiche: le costanti fisiche "devono" essere tali da permettere lo sviluppo di una vita cosciente in qualche parte dell'universo. Il meccanismo di Higgs apre una nuova prospettiva. Se la simmetria di base è abbastanza articolata, la freccia che caratterizza il vuoto può puntare in direzioni non equivalenti che corrispondono a valori diversi delle costanti fisiche e, in

ultima analisi, a universi fisicamente diversi. E' stato ipotizzato che questi universi possono coesistere in una specie di sopra-cosmo in continua evoluzione ma stazionario nel complesso (la teoria porta il nome suggestivo di "inflazione caotica"). L'universo dell'inflazione caotica è straordinariamente simile a quello intuito da Giordano Bruno: "Tutti questi corpi sono mondi e senza numero, li quali costituiscono poi la universalità infinita in uno spazio infinito; e questo si chiama universo, nel quale sono mondi innumerabili". A seconda dei valori delle costanti, alcuni mondi si potrebbero espandere, come il nostro, altri collasrebbero rapidamente. Naturalmente, la vita si svilupperebbe solo negli universi nei quali la freccia punta in una direzione ospitale. Tutto questo ci porta a una versione debole del principio antropico: possiamo ricavare informazioni precise sul nostro universo a partire dal fatto che esso ha permesso lo sviluppo della vita e dell'uomo.

Dalla composizione della materia secondo le conoscenze attuali ci potremmo aspettare una simmetria più ampia di quella osservata, una simmetria che permetta trasformazioni arbitrarie di ogni particella in un'altra. Detto diversamente, lo spazio in cui situare le frecce che rappresentano ciascuna particella (esempio il quark up o l'elettrone) dovrebbe avere una dimensione molto maggiore a quella delle simmetrie di spin isotopico e di colore. La teoria attuale potrebbe essere il residuo a bassa energia di una teoria più simmetrica, in cui le differenti forze e le diverse famiglie sono unificate in uno schema completo (in effetti, alle energie della fisica nucleare le interazioni deboli ed elettromagnetiche appaiono completamente separate). Ricerche in questo senso sono tuttora in corso. Una delle previsioni più affascinanti è che il protone dovrebbe essere instabile, seppure su lunghissime scale di tempo, e disintegrarsi, ad esempio, in un positrone e un mesone. La ricerca dell'instabilità del protone ha portato a sviluppare grandi laboratori sotterranei, negli USA, in Italia (Gran Sasso) e in Giappone. Finora, non si è raccolta alcuna evidenza di una instabilità del protone e la possibilità di una teoria completamente unificata è ancora in attesa di conferma. Come spesso avviene nella scienza, tuttavia, i laboratori sotterranei hanno prodotto risultati importanti in altri settori, come la fisica del neutrino dove hanno permesso l'osservazione dei neutrini dal Sole e dalle collisioni dei raggi cosmici nell'atmosfera e importanti osservazioni sulle loro masse.

L'instabilità del protone e l'asimmetria tra il comportamento di materia e antimateria potrebbe far evolvere l'universo primordiale da uno stato completamente simmetrico verso una situazione in cui la materia prevale sull'antimateria, come sembra accadere oggi nel nostro universo. In questo caso, dovremmo poter calcolare la quantità di materia presente nell'universo a partire dalle leggi fondamentali. Le ricerche teoriche non sono ancora pervenute a una conclusione definitiva se questo sia possibile. Le ricerche sperimentali in corso cercano di estendere i limiti sulla presenza di antimateria nell'universo, ad esempio con rivelatori progettati per la piattaforma spaziale ISP che verrà posta in orbita dalla NASA nei prossimi anni (International Space Platform).

Diversi indizi teorici suggeriscono l'esistenza di nuovi fenomeni nel campo di energie intorno a 1000 volte la massa del protone. Tra le alternative più studiate, l'esistenza di una nuova simmetria, la supersimmetria (SUSY), che collega particelle che differiscono tra loro per  $1/2$  unità di spin. Questo tipo di simmetria è stato scoperto indipendentemente in Russia (da D.V. Volkov e V.P. Akulov, 1973) e al CERN (da Julius Wess e Bruno Zumino, 1974). L'elettrone avrebbe due partner di spin 0 (chiamati s-elettroni) e così ogni quark (*s*-quark) mentre alle particelle associate alle forze sarebbero associate particelle di spin  $1/2$  (gaugini). Inoltre, sono previsti diversi bosoni di Higgs, tra cui una particella neutra che, secondo le stime più recenti, dovrebbe avere una massa 130 volte al di sopra della massa del protone, poco superiore al limite posto dal LEP. Il caso delle particelle supersimmetriche è rinforzato da un argomento di natura cosmologica. La particella supersimmetrica più leggera dovrebbe avere una vita più lunga dell'età dell'universo. Queste particelle dovrebbero essere ancora presenti nell'universo, sotto forma di una materia che non emette luce di alcuna sorta ma si fa sentire per i suoi effetti gravitazionali. In effetti, recenti misure astrofisiche richiedono l'esistenza di materia di questo tipo, chiamata "materia oscura", che anzi sembra essere la forma dominante di materia, più abbondante degli atomi e nuclei atomici di cui siamo fatti. Le osservazioni astronomiche possono darci la distribuzione della materia oscura ma non permettono di identificarne la natura fisica. Se la materia oscura è realmente fatta di particelle supersimmetriche, LHC sarà capace di produrle in laboratorio e di studiarle completamente, permettendoci di capire la natura dell'80-90% della materia presente nell'universo di oggi.

I tentativi di inquadrare la teoria della gravità di Einstein nel quadro concettuale con cui descriviamo le altre forze fondamentali si sono rivelati un problema formidabile. Una delle ipotesi più accreditate per quanto riguarda la gravità quantistica, oggi, è una teoria secondo la quale le particelle osservate sono gli stati di vibrazione di un oggetto esteso nello spazio, la corda (*string theory*). La teoria delle corde è stata sviluppata dal fisico teorico italiano Gabriele Veneziano, negli anni Sessanta, per descrivere le particelle subnucleari. La sua applicazione alla gravità risale agli anni Ottanta (Brian Green e John Schwarz, 1984). L'aspetto estremamente interessante delle corde è che esse sono potenzialmente in grado di includere in uno stesso schema i costituenti della materia e i portatori di tutte le forze, dalla gravità al campo di Higgs. Nelle ricerche attuali, la teoria delle corde include la supersimmetria (si parla allora di supercorde). Un aspetto importante è che queste teorie sono matematicamente consistenti solo in spazi con un grande numero di dimensioni (10 o 11 dimensioni per le supercorde). Questo può essere compatibile con la nostra esperienza se le dimensioni aggiuntive, oltre alle tre che conosciamo, sono incurvate su loro stesse da effetti gravitazionali in modo da non essere osservabili, almeno con le sonde di cui oggi disponiamo.

La gravità quantistica sembra mettere in gioco energie molto superiori a quelle oggi raggiungibili o comunque ipotizzabili. Non è affatto chiaro, al momento, quali siano le predizioni della teoria delle corde o delle supercorde che possano essere sottoposte al vaglio degli esperimenti. "A causa di difficoltà matematiche non ho ancora trovato il modo pratico di controllare i risultati della mia teoria con una dimostrazione sperimentale" scriveva Einstein quando, negli ultimi anni della sua vita, tentava di raggiungere una teoria che unificasse del tutto gravità ed elettromagnetismo. E' una fotografia nitida della situazione delle teorie della gravità quantistica.

Oggi sappiamo che i tentativi di Einstein erano prematuri. Negli stessi anni, si stava svelando il nuovo mondo delle forze nucleari e delle nuove particelle, ed è stato necessario decifrare la struttura di queste forze per poter riproporre il sogno del grande fisico. Forse, la chiave per decifrare l'enigma deve ancora essere trovata: ci aspettiamo molti chiarimenti dalla nuova generazione di esperimenti di alta energia al grande collisore LHC del CERN, o dall'osservazione dei fenomeni che hanno luogo nel cosmo.

---