

Premi Nobel

# Fisica oltre le particelle

Cinquant'anni fa l'esperimento di Phil W. Anderson sui fenomeni di condensazione degli atomi. Lo studio della complessità come alternativa concreta ai «Supercollider» voluti da Weinberg

di Luciano Maiani

«**L**a capacità di ridurre ogni cosa ad alcune leggi fondamentali non implica affatto la possibilità di ripartire da queste leggi e ricostruire tutto l'Universo». Così nel 1972, su «Science», il fisico statunitense Philip Warren Anderson enunciava la tesi che da decenni lo ha identificato come la punta di diamante dell'antiriduzionismo scientifico.

Una convinzione che poggia saldamente su una vita dedicata alla scienza, in cui il momento d'oro, la creazione geniale, viene indicata in un articolo con cui, esattamente 50 anni fa, egli cambiò il modo di guardare alle proprietà della materia. Pubblicato sulla «Physical Review» col titolo incospicuo "Absence of Diffusion in Certain Random Lattices", dava di un fenomeno una spiegazione che avrebbe avuto enormi implicazioni applicative, ad esempio nel dominio dei calcolatori elettronici, come viene ricordato nella motivazione del premio Nobel, ricevuto nel 1977 «per le sue ricerche sulla struttura elettronica e magnetica dei sistemi disordinati, che hanno permesso lo sviluppo nei calcolatori di sistemi di commutazione elettronica e di nuovi tipi di memoria».

Il suo lavoro ha avuto una importanza così grande nella comunità scientifica da far sorgere la leggenda (non ancora verificata) secondo la quale sarebbe stato lui a coniare il termine di Fisica della Materia Condensata, in sostituzione della dizione tradizionale Fisica dello Stato Solido. Una definizione nuova che sottolineava l'emergere di nuove proprietà cooperative dalla condensazione di moltissimi atomi in volume ristretto.

Anderson è un figlio del Middlewest, dove è nato nel 1923 (a Indianapolis, Indiana), ed è cresciuto a un paio d'ore di auto più a Est, a Urbana, Illinois. La sua era una famiglia di accademici con una certa sicurezza, pochi soldi e una insolita consapevolezza politica. Questa formazione lo ha portato a vivere con frustrazione gli anni del maccartismo e, successivamente, a rifiutare di impegnarsi in cause liberal, contro la guerra nel Vietnam e, più tardi, contro le guerre stellari di Ronald Reagan.

Negli anni dello storico articolo, Anderson lavorava nei laboratori della Bell Company, allora una vera fucina di talenti in molti cam-

pi della fisica moderna. Il suo lavoro prendeva le mosse dalla teoria quantistica della conduzione dell'elettricità in un solido cristallino perfetto, ad esempio rame, sviluppata diversi anni prima dal fisico svizzero Felix Bloch. In un solido perfettamente regolare, gli elettroni sono descritti da onde che si estendono su tutto il solido. In queste condizioni, la corrente elettrica fluisce nel cristallo senza resistenza. La resistenza, e quindi la dissipazione di energia che ci permette di scaldare le nostre vivande in una cucina elettrica, è dovuta ai difetti del cristallo stesso, legati ad esempio alla presenza di impurezze, atomi diversi dagli atomi del cristallo, distribuiti a caso.

Questa è la situazione quando le impurità sono molto diffuse. Ma che succede se aumentiamo la concentrazione delle impurezze? Diverse osservazioni sperimentali, in parte sviluppate proprio nei laboratori Bell, hanno condotto Anderson a una teoria semplice ma dalle conclusioni sorprendenti. Al di sopra di una certa concentrazione si verifica un brusco cambiamento di comportamento degli elettroni, che smettono di essere delle onde estese su tutto il cristallo e si "localizzano" intorno ai centri di impurità (nel gergo, la "transizione di Anderson"). Il cristallo cambia bruscamente stato e da conduttore di corrente diventa un isolante.

Ma il fenomeno della localizzazione di Anderson ha dei risvolti concettuali che hanno portato a una vera propria mutazione nel modo in cui consideriamo le leggi della fisica, un punto di vista di cui lo stesso Anderson ha scritto, per così dire, il manifesto in un articolo del 1972, dal titolo suggestivo "Di più è Diverso" (More is Different). L'articolo si chiude con un immaginario scambio di battute nella Parigi anni Venti: Fitzgerald: «I ricchi sono diversi da noi...»; Hemingway: «Sì, hanno più soldi».

È questa la contestazione che Anderson muove al paradigma riduzionista secondo cui basta conoscere i costituenti elementari e le forze che agiscono tra loro per poter ricostruire, magari con grandi sforzi matematici, le proprietà della materia in grande. Naturalmente, Anderson non contesta che, ad esempio, la materia vivente sia fatta di cellule, le cellule di molecole, e così via riducendo fino ai nuclei e ai quark. Cioè la possibile riduzione dal più grande al più piccolo.

Quello che non gli sembra accettabile - come ben spiega la sua frase su «Science» - è

che si possa assumere una specularità assoluta muovendosi nell'altra direzione. Non accetta cioè il momento «costruzionista», secondo cui si può passare univocamente dal livello inferiore a quello superiore. Quando molti atomi si mettono insieme, infatti, emergono proprietà collettive che non sono possedute dal singolo atomo e che sarebbe molto difficile, se non impossibile, dedurre dalla mera conoscenza delle forze a livello atomico. Per questo "Di più è Diverso" e i ricchi sono diversi da noi. L'esempio del passaggio da conduttore a isolante descritto prima, che emerge solo a certi livelli di concentrazione delle impurezze, o fenomeni come la superconduttività e il ferromagnetismo sono anch'essi di questo tipo.

Le considerazioni di Anderson danno una prospettiva di "vera scienza" allo studio dei fenomeni della materia condensata e fanno giustizia della visione un po' arrogante di alcuni fisici delle particelle, secondo cui essa dovrebbe essere considerata come una mera conseguenza delle leggi che regolano le forze fondamentali: «solo chimica».

La visione di Anderson ha avuto il suo momento di gloria quando il fenomeno della cosiddetta «rottura spontanea di simmetria», scoperto nello studio della superconduttività (quindi nell'ambito della materia condensata), ha trovato applicazione nella fisica fondamentale come meccanismo per generare la massa delle particelle elementari. Ha addirittura lanciato la caccia al bosone di Higgs, oggi uno degli obiettivi primari della fisica delle particelle. Tra i pionieri di questo "viaggio all'indietro", vorrei ricordare il fisico giapponese Yoichiro Nambu e l'italiano Giovanni Jona-Lasinio.

(Negli anni 80, la controversia tra Anderson e i fisici delle particelle si riaccese con la polemica intorno al progetto della grande macchina acceleratrice, il Supercollisore (Ssc), che i fisici delle particelle degli Usa volevano costruire in Texas, proprio per cercare, tra l'altro, il bosone di Higgs.

Secondo Anderson non si sarebbero dovuti spendere tanti soldi per una scienza che, secondo lui, non aveva alcuna posizione privilegiata. Ne risultò una controversia di altissimo livello tra Anderson e un altro premio Nobel (nel 1979), Steven Weinberg,

per la teoria dell'unificazione delle forze elettromagnetiche e deboli.

Weinberg non contestava gli argomenti prodotti da Anderson in "Di più è Diverso" ma avanzò un argomento altrettanto affascinante, in un discorso in commemorazione di Isaac Newton (riportato nel suo libro *Facing up*, che vuol dire "guardando in alto", come Keplero, ma anche "facendo fronte", come fece Weinberg nel sostenere la polemica su Ssc). Secondo Weinberg, se iniziamo a chiedere "perché", come fanno i bambini, generiamo delle frecce di spiegazione che inevitabilmente ci conducono a livelli di materia sempre più elementari, fino agli elettroni, ai nuclei, ai quark. È un fatto che, allo stesso tempo, i fenomeni diventano più semplici e così i principi che regolano forze e particelle, tanto da doverci porre la domanda se non esista una teoria semplice e naturale nel profondo delle cose e a chiederci come trovarla.

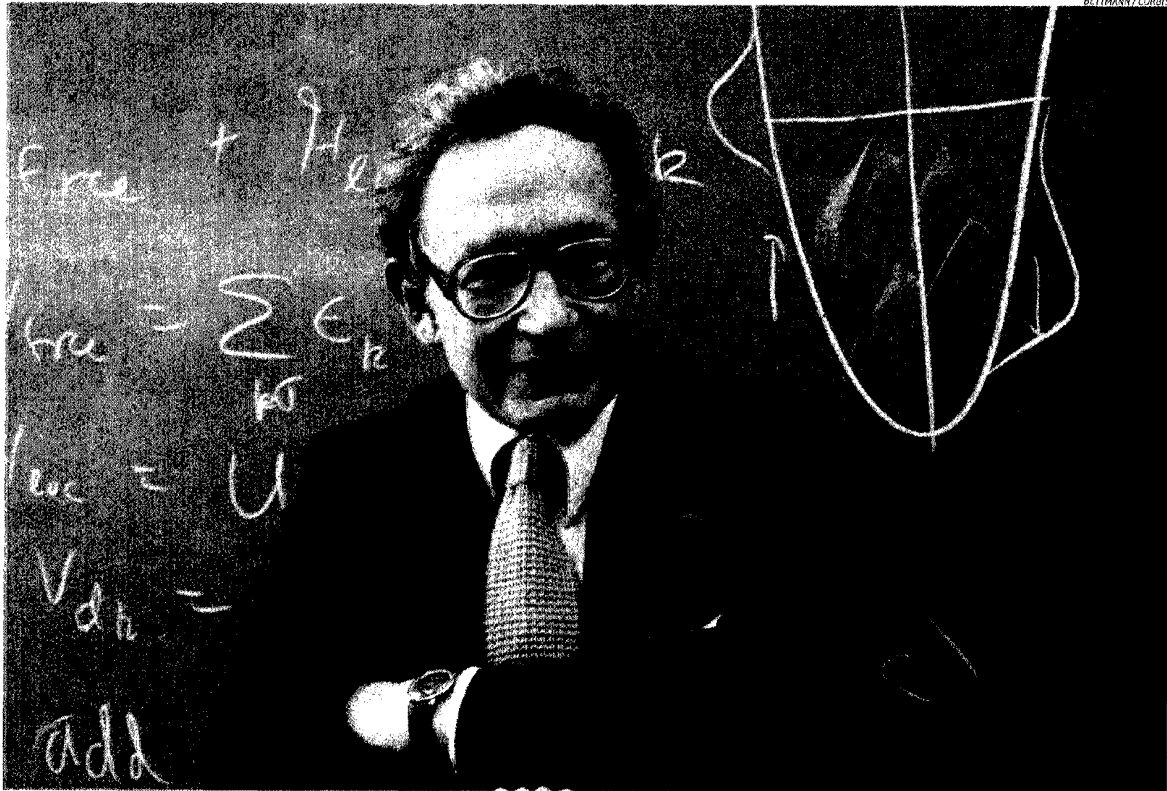
È questa ricerca della semplicità alla radice delle cose che motiva la ricerca nella fisica delle particelle, al di là di tutti gli argomenti pratici e applicativi che furono portati, a quel tempo, a favore della costruzione di Ssc (dopotutto il *world wide web*, che ha cambiato la vita di tutti noi, è proprio un prodotto di questa ricerca).

La controversia comunque si fermò lì anche perché la macchina Ssc, approvata dal Congresso, fu poi cancellata dallo stesso Congresso a seguito di un'eccessiva levitazione dei costi. La bandiera della ricerca della semplicità nel piccolo è stata presa dal Cern, in Europa, con la macchina Lhc che entrerà in funzione quest'anno. Notazione patriottica: nonostante un aumento del costo programmato all'inizio, Lhc costerà circa quanto il tentativo abortito di costruire Ssc, a testimonianza della leadership della fisica Europea in questo campo.

Oggi, i fisici delle particelle si aspettano di scoprire con Lhc il bosone di Higgs, come richiesto dalla teoria di Weinberg, mentre la ricerca sulle proprietà della materia condensata fiorisce sulla scia delle idee di Anderson, particolarmente in Italia con la scuola creata da Giorgio Parisi.

Come si vede, dunque semplicità e complessità, sono le due frontiere della fisica dei nostri tempi.





**Contro il riduzionismo.** Il premio Nobel per la fisica 1977 Phil W. Anderson